

Aus dem Institut für Phytopathologie
der Justus Liebig-Universität Gießen

**Der Einfluß ungünstiger Umweltfaktoren
(Nematizide, tiefe Temperaturen, Fehlen von
Wirtspflanzen) auf Nematodenpopulationen
unter besonderer Berücksichtigung von
Meloidogyne hapla.**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
bei dem Fachbereich Umweltsicherung
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von
Diplomlandwirt Wolfram Zehrer
geboren in Würzburg

Gießen 1971



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Phytopathologie
der Justus Liebig-Universität Gießen

**Der Einfluß ungünstiger Umweltfaktoren
(Nematizide, tiefe Temperaturen, Fehlen von
Wirtspflanzen) auf Nematodenpopulationen
unter besonderer Berücksichtigung von
Meloidogyne hapla.**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
bei dem Fachbereich Umweltsicherung
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von
Diplomlandwirt Wolfram Zehrer
geboren in Würzburg

Gießen 1971



Dekan: Professor Dr. E. Küster

1. Berichterstatter: Professor Dr. W. Stein
2. Berichterstatter: Professor Dr. L. Jung

Tag der mündlichen Prüfung: 6. Dez. 1941

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1. EINLEITUNG	3
2. VERSUCH ZUR POPULATIONSENTWICKLUNG VON NEMATODEN NACH NEMATIZIDANWENDUNG	6
2.1. Anwendung von Nematiziden in gewachsenem Boden	6
2.1.1. Standortbeschreibung	7
2.1.1.1. Versuchsfläche	7
2.1.1.2. Boden und Klima	8
2.1.1.3. Nematodenfauna	8
2.1.2. Versuchspräparate und Ausbringung	12
2.1.2.1. Physikalische und chemi- sche Daten der Mittel	13
2.1.2.2. Anwendung	14
2.1.3. Untersuchungsmethoden	15
2.1.3.1. Bodenentnahme	15
2.1.3.2. Auswertung der Bodenpro- ben	17
2.1.3.2.1. Isolierung der Nemato- den	17
2.1.3.2.2. Wirtspflanzentest	18
2.1.3.3. Pflanzenertrag	19
2.1.4. Ergebnisse	19
2.1.4.1. Entwicklung der Nematoden- populationen	19
2.1.4.1.1. Übrige Gattungen	19
2.1.4.1.2. Trichodorus und Praty- lenchus	25
2.1.4.1.3. Meloidogyne	29
2.1.4.2. Auswertung der Ernte	33
2.2. Anwendung von Nematiziden in aufgeschütte- tem Boden	35
2.2.1. Material und Methoden	35
2.2.2. Ergebnisse	36

	<u>Seite</u>
3. VERSUCH ZUR ÜBERWINTERUNGSFÄHIGKEIT VON MELOIDOGYNE-LARVEN	39
3.1. Standortbeschreibung	39
3.2. Versuchsanlage	40
3.3. Untersuchungsmethoden	40
3.4. Ergebnisse	40
4. UNTERSUCHUNG ÜBER DAS SCHLÜPFEN VON MELOIDO- GYNE-LARVEN	44
4.1. Das Schlüpfen von M. hapla unter Freiland- verhältnissen in pflanzenfreiem Boden	44
4.1.1. Versuchsanlage und Auswertung	44
4.1.2. Ergebnisse	45
4.2. Das Schlüpfen von M. hapla unter Labora- toriumsbedingungen in Leitungswasser	48
4.2.1. Versuchsanlage und Auswertung	48
4.2.2. Ergebnisse	51
5. DISKUSSION	53
5.1. Der Einfluß von Wirtspflanzen auf Nematoden	53
5.2. Der Einfluß der Nematizide auf Nematoden	56
5.2.1. Die Wirkung von Terabol	58
5.2.2. Die Wirkung von Di-Trapex	63
5.2.3. Die Wirkung von Temik	65
5.3. Zur Überwinterung von M. hapla	68
5.4. Über das Schlüpfen von M. hapla in pflan- zenfreiem Boden	71
5.5. Über das Schlüpfen von M. hapla in Lei- tungswasser	77
6. ZUSAMMENFASSUNG	83
7. LITERATURVERZEICHNIS	86

1. EINLEITUNG

Seit alters her macht der Mensch die Beobachtung, daß die Bestände einzelner Tierarten in ihrer Größe zeitlichen Schwankungen unterliegen. Günstige Umwelteinflüsse führen zu einer Erhöhung der Populationsdichte, die durch Verschlechterung der äußeren Umstände wieder rückgängig gemacht wird. Anatomie, Physiologie und angeborene oder erlernte Verhaltensweisen gestatten es Tierpopulationen oft, zu einem gewissen Prozentsatz auch ungünstige Umstände zu überleben.

Diesen allgemeingültigen Regeln lassen sich hoch- und niedrigstehende Tiere grundsätzlich unterordnen. In der vorliegenden Arbeit sollen nur diejenigen Verhaltensweisen von pflanzenparasitären Nematoden untersucht werden, die bei ungünstigen Umständen wirksam werden und dem Überleben der Art dienen. Die Reaktion von Nematoden auf solche Umstände ist vor allem deshalb von praktischem Interesse, weil im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes Schwächen in der Anpassungsfähigkeit bestimmter Nematodenarten an für sie suboptimale Verhältnisse genutzt werden können.

Ein Teil der integrierten Bekämpfung ist die chemische Bekämpfung. Die dabei benötigten Pflanzenschutzmittel müssen, soweit es sich nicht um die neueren systemischen handelt, zur Bekämpfung von Wurzelnematoden im Boden wirksam werden. Wegen der schweren Durchdringbarkeit und der absorbierenden Kraft des Bodens und vor allem wegen der Tiefenverteilung der Nematoden führt eine chemische Boden-entseuchung im Freiland nur in Ausnahmefällen zu einem vollen Erfolg (DECKER, 1968). Selbst nach einer völligen Eliminierung der Nematoden bleibt es häufig nicht aus, daß nach gewisser Zeit eine Wiederbesiedelung der entseuchten Flächen durch aktives Zuwandern oder durch Transport erfolgt.

Über die langfristige Reaktion von Nematoden auf chemische Mittel, Abtötung in tieferen Bodenschichten und Wiederbesiedelung entseuchten Bodens liegen wenige Freilanduntersuchungen vor, die gleichzeitig tiefere Bodenschichten erfassen und sich über einen längeren Zeitraum erstrecken. Der Grund dafür dürfte vor allem in dem hohen Arbeitsaufwand solcher Versuche liegen.

Im ersten Teil dieser Arbeit sollte, unter besonderer Berücksichtigung von Meloidogyne hapla, die Entwicklung von Nematodenpopulationen nach Anwendung von drei gebräuchlichen Nematiziden beobachtet werden. Der Versuch sollte zwei Vegetationsperioden überspannen und die Auswertungstiefe einen Meter betragen.

Die Verbreitung zahlreicher Tierarten ist eng mit der Fähigkeit verbunden, zeitlich begrenzte Perioden schlechter Lebensbedingungen durch Ruhestadien zu überbrücken. Ein vergleichsweise kurzer Lebenszyklus kann dabei auf lange Zeitspannen ausgedehnt werden, die bei Nematoden bis 37 Jahre reichen können (STEINER u. ALBIN, 1946; zitiert nach CROLL, N. A., 1970). Eier und freilebende Stadien können durch verschiedene Umwelteinflüsse dazu gebracht werden, ihren Stoffwechsel auf ein Minimum zu reduzieren. Auslösende Faktoren sind vor allem Trockenheit, Kälte, Sauerstoffmangel, osmotischer Druck und Chemikalien biotischer und abiotischer Herkunft.

Für die Verbreitung der weltweit wohl bedeutendsten Nematodengattung Meloidogyne ist gerade die Temperatur in unseren Breiten ein einschränkender Faktor. Selbst bei der in Europa häufigsten und in der vorliegenden Arbeit genauer untersuchten Art M. hapla ist nicht bekannt, warum sie sich im Winter oft nur schwer mit den gebräuchlichen Verfahren isolieren läßt und in welchem Stadium sie den Winter überstehen kann (HAHN, 1956).

Mit einem Modellversuch sollte deshalb die Überwinterungsfähigkeit von M. hapla-Larven und ihre Isolierbarkeit nach dem BAERMANN-Trichterverfahren geklärt werden.

Neben den oben erwähnten Quieszenzerscheinungen bei Larven und Adulten wird bei Nematoden noch ein Mechanismus zur Erhöhung der Anpassungsfähigkeit wirksam. In gewissen Grenzen, die von Art zu Art stark schwanken, wirken Umweltbedingungen regulierend auf das Schlüpfen von Larven ein. Ausgeprägt tritt diese Erscheinung bei den sedentären Nematoden auf, besonders bei der Gattung Heterodera, bei der sie auch gründlich untersucht wurde.

Bei der Gattung Meloidogyne sind die Verhältnisse noch unklar, vor allem hinsichtlich der Wirkung von Wirtspflanzen auf das Schlüpfen. Bei In-Vitro-Versuchen wurde häufig festgestellt, daß Abflüsssäfte von Wirtspflanzen, bzw. Wurzelexsudate das Schlüpfen dieser Gattung nicht oder nur geringfügig beeinflussen (VIGLIERCHIO et al., 1960; JONES and NIKULA, 1963; HARTEN u. BLOOM, 1968). Es stellte sich nun die Frage, wie eine natürliche Population von Meloidogyne hapla auf das Ausbleiben von Wirtspflanzen reagiert. Zwei Möglichkeiten sind denkbar: 1) es kommt zu einem weiteren eventuell verlangsamten Auswandern von Meloidogyne-Larven, oder 2) unter dem Mangel an geeigneten Wirtspflanzen unterbleibt das weitere Schlüpfen von Larven aus den Eiern. Zur Klärung dieser Fragen wurde ein einjähriger Modellversuch im Freiland angelegt.

2. VERSUCH ZUR POPULATIONSENTWICKLUNG VON NEMATODEN NACH NEMATIZIDANWENDUNG

Der Wirkungsbereich von Nematiziden und die Fähigkeit der Nematoden, entseuchten Boden wieder zu besiedeln, sind in der Praxis für einen sinnvollen Nematizideinsatz von großer Bedeutung. Danach sind nicht zuletzt auch die folgenden Kulturmaßnahmen einschließlich der Kulturarten und deren Sorten zu wählen.

Es wurde deshalb die vorliegende Untersuchung unter möglichst praxisnahen Bedingungen in gewachsenem Boden mit natürlicher Nematoden-Verseuchung durchgeführt. Mit der Einbeziehung eines pflanzenverträglichen Mittels, das sich u. a. durch eine gewisse systemische Wirkung auszeichnet, sollte auch der modernen Nematizid-Entwicklung Rechnung getragen werden.

2.1. Anwendung von Nematiziden in gewachsenem Boden

Der Freilandversuch erstreckte sich über 2 Vegetationsperioden und wurde im Frühjahr 1969 in einem Gebiet mit starkem natürlichen Vorkommen von M. hapla in der Nähe von Worfelden, Krs. Groß-Gerau, angelegt. Die Verseuchung mit Wurzelgallen-Nematoden, die für die Wahl der Fläche entscheidend war, führte in den Kontrollparzellen und dem übrigen nicht für Versuche verwendeten Teil des Feldes im ersten Versuchsjahr (1969) durch Verkürzung des Wurzelkörpers der Möhren und intensiven Gallenbesatz zu so starken qualitätsverlusten, daß die Möhren nicht mehr marktfähig waren.

2.1.1. Standortbeschreibung

2.1.1.1. Versuchsfläche

Die Versuchsfläche ist weitgehend eben gelegen. Sie hat eine Breite von 10 m und ist zu beiden Seiten mit Spargelfeldern eingesäumt. Ihre Gesamtfläche von 820 m² wurde in 16 Parzellen unterteilt, wovon 12 quadratisch mit einer Seitenlänge von 5 m und 4 rechteckig mit den Maßen 5 mal 6 m angelegt wurden (Abb. 1). Letzteres wurde erforderlich, weil ein Versuchspräparat, Terabol, nur in Büchsen zu 500 g erhältlich ist, womit bei normaler Aufwandmenge eine Fläche von 10 m² behandelt werden kann.

Terabol	Temik	Di-Trapex	Kontrolle	Temik	Terabol	Kontrolle	Di-Trapex
Di-Trapex	Kontrolle	Temik	Terabol	Kontrolle	Di-Trapex	Temik	Terabol

Abb. 1: Versuchsplan des Nematizidversuches Worfelden.

Um einen brauchbaren Vergleichsmaßstab zu erhalten, wurden alle Werte auf 25 m² umgerechnet.

Die Parzellen wurden so groß gewählt, um örtliche Unterschiede im Nematodenbesatz auszugleichen und um zu vermeiden, daß bei der ständigen Entnahme von Boden für den Wirtspflanzentest und dem Auffüllen der Bohrlöcher mit begastem Boden der Anteil des natürlich gewachsenen Bodens zu dem nachgefüllten in einem zu engen Verhältnis steht.

2.1.1.2. Boden und Klima

Der Boden ist nach der Einteilung von KURON (1955) als Sandboden anzusprechen. Da Untersuchungen von SEINHORST (1956) gezeigt haben, daß die Populationsdynamik pflanzenparasitärer Nematoden durch die Bodenart stark beeinflußt werden kann, wurden pH-Wert-Bestimmung und Schlämmanalyse für alle Tiefenstufen durchgeführt. Die Werte sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

Niederschlagsmengen üben besonders im Zusammenhang mit der Temperatur einen Einfluß auf Nematodenpopulationen aus, wie NORTON (1959) bei mehreren pflanzenparasitären Gattungen feststellte. Dabei wirkt in erster Linie Sommertrockenheit populationsvermindernd (CICHORIUS, 1960; ZUCKERMANN et al., 1964; DICKERSON et al., 1964), was allerdings nach neueren Untersuchungen von RÖSSNER (1971) über die Isolierbarkeit trockenresistenter Nematoden weiterer Klärung bedarf. Um dieser Frage aus dem Weg zu gehen, wurde die starke Trockenperiode im Mai und Juni 1969 mit einer Zusatzberegung ausgeglichen.

Bei jeder Probenahme wurde der Wassergehalt des Bodens bestimmt und die Mittelwerte aus den 4 Eckparzellen des Versuchsfeldes errechnet (Abb. 2). Über die Gleichmäßigkeit der Verteilung der Bodenfeuchtigkeit auf dem Versuchsfeld gibt Tab. 2 einen Überblick. Die eingetragenen Werte setzen sich aus Durchschnittswerten aller Tiefen der Probenahme vom Juni 1969 zusammen.

2.1.1.3. Nematodenfauna

Aus Untersuchungen früherer Jahre (RICHTER, 1967) ist die Nematodenfauna der Versuchsfläche bekannt. In den vorliegenden Versuchen wurde neben M. hapla (CHITWOOD) als wichtigster Art die Gattung Trichodorus, mit den Arten T. pachydermus (SEINHORST, 1954) und T. viruliferus (HOOPER, 1963)

Tabelle 1: Charakterisierung der Versuchsböden

1. Versuchsfeld Korfelden

Bodentiefe	Ton ($<0,002$ mm)	Staubschluff ($0,002-0,06$ mm)	Feinsand ($0,06-0,2$ mm)	Grobsand ($0,2-2$ mm)	pH-Wert
0 - 12 cm	6,1	5,3	60,3	27,3	4,1
12 - 24 cm	4,1	15,4	52,5	28,0	4,1
24 - 36 cm	4,0	14,1	54,2	27,7	4,1
36 - 48 cm	3,6	16,8	49,5	30,1	4,7
48 - 60 cm	3,7	11,1	52,9	32,3	4,1
60 - 80 cm	4,1	9,0	54,9	32,0	7,2
80 - 100 cm	3,8	11,1	50,5	34,7	7,5

2. Versuchsfeld Gießen

0 - 100	4,0	16,7	22,1	57,2	5,2
---------	-----	------	------	------	-----

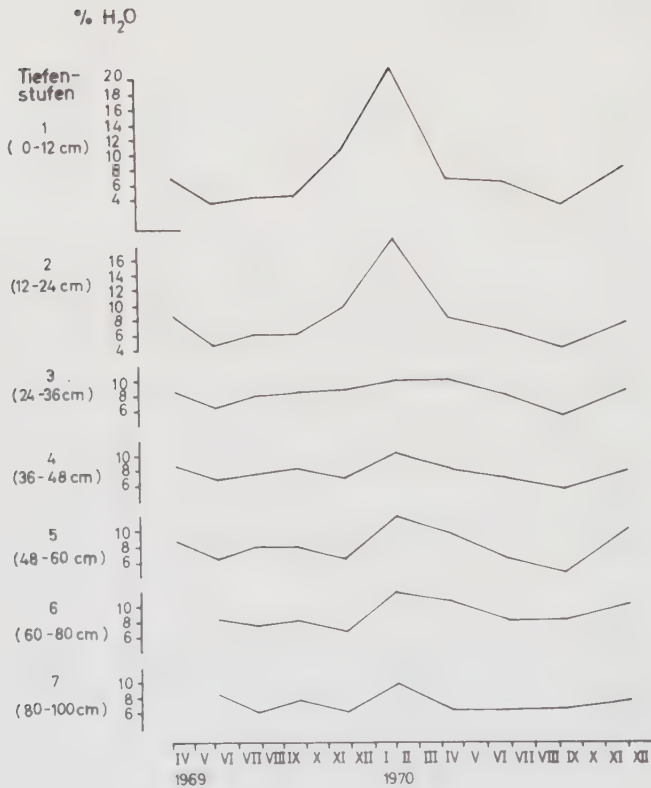


Abb. 2: Wassergehalte der Bodenproben im Versuch Worfelden

Tabelle 2: Horizontale und vertikale Verteilung des Bodens im Versuch 'or eaden', ermittelt am 10.7.1969 (Werte in % H₂O).

Wie oben
sehen

Terabot	Temik	Di-Trapex	Kontrolle	Temik	Terabot	Kontrolle	Di-Trapex
0-12 "	3,6	4,1	3,7	4,2	3,7	3,1	3,6
12-24 "	6,0	7,3	6,3	6,4	6,7	4,7	6,7
24-36 "	9,0	8,0	6,3	7,3	6,9	7,3	7,5
36-48 "	11,0	8,0	6,5	7,5	6,3	7,1	7,1
48-60 "	11,3	9,2	6,1	7,6	7,5	6,1	7,3
60-80 "	7,5	7,0	6,9	8,8	8,4	6,0	7,0
80-100 "	7,2	7,5	6,8	6,6	7,0	6,0	7,1
0-100 "	Ø 7,1	Ø 7,4	Ø 6,8	Ø 6,9	Ø 6,8	Ø 5,6	Ø 6,9

Di-Trapex	Kontrolle	Temik	Terabot	Kontrolle	Di-Trapex	Temik	Terabot
0-12 cm	5,4	4,9	3,4	3,9	4,0	2,2	3,5
12-24 "	7,9	6,8	5,2	6,4	6,6	3,9	7,8
24-36 "	10,3	9,0	6,0	8,8	6,8	7,1	8,0
36-48 "	10,5	9,0	6,8	8,0	7,3	4,9	7,2
48-60 "	11,9	9,2	6,6	7,7	8,2	6,3	8,4
60-80 "	10,8	8,0	7,4	6,8	7,8	5,7	7,0
80-100 "	8,1	4,8	6,4	6,0	6,8	4,1	7,0
0-100 "	Ø 9,3	Ø 7,0	Ø 6,0	Ø 6,8	Ø 7,1	Ø 4,9	Ø 7,0

Durchschnittswerte der Terabot - Parzellen:

"	Temik	"	7,3
"	Di-Trapex-	"	6,2
"	Kontroll-	"	7,7
			6,4

und die Gattung Pratylenchus mit P. neglectus (CHILWOOD u. OTEIFA, 1952) und P. crenatus (LOOF, 1960), ausgewählt.

Es erschien auch zweckmäßig, besonders hinsichtlich der Wirkung der Nematizide, die gesamte übrige Nematodenfauna zu erfassen, da sie um ein Vielfaches größer ist als die der genannten Pflanzenparasiten und deshalb einen genaueren Indikator für Bodenentseuchung darstellt. Außerdem zeigt sie, in wieweit neben der rein systemischen Wirkung des Versuchspräparates Temik, von der direkt nur Pflanzenparasiten getroffen werden, noch indirekte Wirkungen im Boden auftreten.

2.1.2. Versuchspräparate und Ausbringung

Das Ziel der Anwendung chemischer Mittel gegen Nematoden ist der Schutz der Kulturpflanzen. Es gibt dazu zwei große Gruppen von nematizid wirkenden Substanzen: einmal die sog. Bodenentseuchungsmittel mit breitem Wirkungsspektrum und meist ausgeprägter Phytotoxizität und zum anderen die pflanzenverträglichen Mittel, die sich durch eine überwiegend systemische Wirkung auszeichnen. Von den Bodenentseuchungsmitteln erwartet man dagegen eine weitgehende Eliminierung der Nematoden aus dem Boden, was eine möglichst vollkommene Durchdringung des belebten Bodens erforderlich macht.

Von der zuletzt genannten Gruppe wurden zwei Mittel ausgewählt, die sich hinsichtlich der Art der Applikation wie auch hinsichtlich der Geschwindigkeit der bodenentseuchenden Wirkung stark voneinander unterscheiden. Die beiden Mittel, Terabol und Di-Trapex, sollen bei üblicher Aufwandmenge mit Hilfe von Nematoden als Indikatoren im Freilandeinsatz untersucht werden. Die Einbeziehung tieferer Bodenschichten soll Aufschluß über Mobilität und Tiefenwirkung der Mittel geben. Die weitere Entwicklung

eines eventuell überlebenden Nematodenbestandes verdient in diesem Zusammenhang ebenso Beachtung, wie die Wiederbesiedelung nematodenfreier Bodenteile.

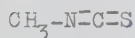
Bei den Mitteln mit starker systemischer Wirkung, zu denen das hier verwendete Temik gehört, bedarf neben der augenfälligen Anfangswirkung auch die langfristige Wirkung im Boden gewisser Aufmerksamkeit. Bei Terracur, einem Mittel, das ebenfalls eine systemische Komponente besitzt, wurde bereits eine Langzeitwirkung festgestellt (RÖSSNER, 1968).

2.1.2.1. Physikalische und chemische Daten der Mittel

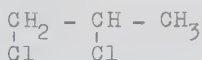
Terabol als gasförmiges Mittel mit dem Wirkstoff Methylbromid (CH_3Br) ist in Wasser löslich (6-10 g/l bei 18°C und 760 Torr) wirkt aber in der Gasphase. Seine Dichte ist mit 3,27 g/l (vgl. Luft = 1) für das rasche Absinken in tiefe Bodenschichten mit verantwortlich. Voraussetzung für die Anwendung ist eine Temperatur ab 8°C , da der Siedepunkt des Mittels bei etwa 4°C liegt.

Di-Trapex ist ein kombiniertes Nematizid. Es setzt sich aus Methylisothiocyanat und chlorierten Kohlenwasserstoffen im Verhältnis 20 zu 80 zusammen. Die einzelnen Komponenten des Mittels werden nachstehend mit ihrer Strukturformel wiedergegeben. Di-Trapex ist flüssig, nur gering wasserlöslich und hat seine Hauptwirkung in der Gasphase. Die Verdampfungsgeschwindigkeit ist jedoch bei niedrigen Temperaturen sehr gering, und da das Mittel außerdem phytotoxisch wirkt, ist je nach Temperatur eine Wiederaufbaufrist von einem Monat bis zu mehreren Monaten einzukalkulieren.

Methylisothiocyanat



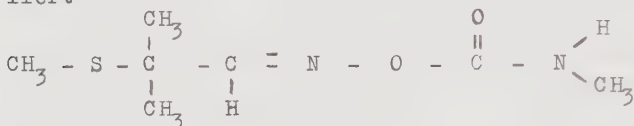
Dichlorpropan



Dichlorpropen



Temik ist wegen seiner überwiegend systemischen Wirkung gegen tierische Schädlinge wie Nematoden, Insekten, Spinnmilben bekannt geworden. Sein Wirkstoff ist Aldicarp, es hat eine geringe Flüchtigkeit und eine Wasserlöslichkeit von 0,6 % bei 25 °C. Das Mittel ist als Granulat formuliert



2.1.2.2. Anwendung

Die Nematizide wurden, soweit möglich, nach den üblichen Verfahren ausgebracht.

So wurde bei Terabol eine Kissenraumbegasung, wie sie von DROSIHN (1967) empfohlen wird, durchgeführt. Mit einer 6 m breiten Plane konnten die Parzellen in voller Breite überspannt werden. 46 Std. nach dem Aufschlagen der Gasbüchsen wurden die Planen wieder entfernt. Während der Begasung entsprach die Temp. den gestellten Forderungen. Die Aufwandmenge betrug 50 g/m².

Für eine gute Wirkung des flüssigen Bodenentseuchungsmittels Di-Trapex ist seine gleichmäßige Verteilung im Boden wichtig. Es wurde deshalb auf die Verwendung eines Injektors verzichtet, da mit ihm eine genaue Dosierung schwierig ist. Stattdessen wurde mit einem Pflanzholz im Abstand von jeweils 33 cm 15 cm tiefe Löcher in den Boden gedrückt, in die mittels einer Kippipette 5 ccm Di-Trapex pro Loch geträufelt wurden, was 50 ml/m² entspricht. Unmittelbar danach wurden die Löcher mit dem Fuß zugetreten. Zur Anwendungszeit war der Boden so feucht, daß ein guter Bodenschluß erzielt werden konnte.

Im Gegensatz zu den beiden Bodenentseuchungsmitteln Terabol und Di-Trapex wurde Temik, dem eine Wirkung in der

Pflanze bis 10 Wochen zugeschrieben wird (HAINES, 1968) zweimal angewendet. Dadurch sollte eine weitgehende Verminderung der pflanzenparasitären Nematoden erreicht werden. Die Aufwandmenge betrug jeweils 5 g/m^2 . Nach dem Ausstreuen des Granulates wurde dieses mit der Rübenhacke oberflächlich eingearbeitet.

Aus Witterungsgründen konnten nicht alle Mittel zu einem einheitlichen Termin appliziert werden. Die Anwendungszeiten sind nachstehend aufgeführt.

Di - Trapex	23. 4.
Temik	23. 4. und 29. 6.
Terabol	30. 4.

2.1.3. Untersuchungsmethoden

Einer Isolierungsmethode, die der Erfassung aktiver N-Stadien dient, wurde bei diesem Versuch ein Wirtspflanzen-test angeschlossen, der einen Nachweis von Meloidogyne über die Bildung von Wurzelgallen ermöglicht.

2.1.3.1. Bodenentnahme

Der Wirtspflanzen-test machte die Hebung einer wesentlich größeren Bodenmenge erforderlich. Für diese Bedürfnisse wurde ein einfacher Bohrstock mit einem großen inneren Durchmesser von 5,3 cm benutzt. Dieser Bohrstock fand Verwendung für den Tiefenbereich zwischen 0 und 60 cm. Bei dem leichten steinfreien Boden ließ er sich ohne Schwierigkeiten bis in die Tiefe von 60 cm vortreiben. Für den anschließenden Bereich zwischen 60 und 100 cm Tiefe wurde ein normaler Bohrstock (System Dr. PÜRCKHAUER) verwendet, mit dem allerdings nur geringe Bodenmengen für die mikroskopische Auswertung gefördert werden konnten.

Pro Parzelle und Untersuchungstermin wurden mit dem breiten Bohrstock 10 Einstiche vorgenommen. Die einzelnen ge-

hoben den Bodensäulen von 60 cm Länge wurden unterteilt in 5 Tiefenschichten von 12 cm Dicke. Es ergaben sich so pro Parzelle 50 Einzelproben, die, geordnet nach den 5 Tiefenschichten, zu 5 Mischproben zusammengefaßt wurden. Es folgten weitere 5 Einstiche mit dem schmalen Bohrstock, wobei dieser stets in die vorgebohrten Löcher des großen Bohrstocks eingelassen wurde. Die Tiefenstufen von 60 - 80 cm und 80 - 100 cm wurden zusammengefaßt, so daß sich 2 Mischproben pro Parzelle ergaben.

Die Verwendung von 2 verschiedenen Bohrstöcken erschien zweckmäßig. Um den großen Bohrstock tiefer als 60 cm in den Boden zu treiben, wäre eine so starke Schlagkraft nötig gewesen, daß durch die zusätzliche Erschütterung die Nematodenfauna über das normale Maß hinaus schädlich beeinflußt worden wäre. Der dünne Bohrstock wurde den gestellten Forderungen besser gerecht. Die Verwendung dieses zweiten Bohrstocks für tiefere Schichten brachte es mit sich, daß der Wirtspflanzen test nur für die oberen 5 Tiefenschichten bis 60 cm angesetzt werden konnte, was sich auch im Sinne des Versuchs rechtfertigen läßt. Die Larven, die in den Wurzelbereich hochwanderten und sich der Oberfläche mehr als 60 cm näherten, wurden sowie so mit dem Wirtspflanzen test erfaßt.

Nach der Probenahme wurden die Bodenlöcher mit dampfsterilisiertem Sand aufgefüllt, der später noch durch seine helle Farbe die Stellen früherer Probenahmen kennzeichnete.

Die Mischproben wurden in numerierte Plastikbeutel gefüllt und darin bis zur Auswertung aufgehoben. Alle Proben wurden mit dem PKW nach Giessen transportiert und in den drei folgenden Tagen ausgewertet. Die Lagerung des Bodens bis zur Verarbeitung erfolgte bei Temperaturen, die den Bodentemperaturen in etwa entsprachen.

Zur Klärung der Frage, inwieweit die mit den zwei Bohrstök-

ken gewonnenen Nematodenzahlen miteinander vergleichbar sind, wurden zu 2 Terminen je 6 Einstiche mit jedem der beiden Bohrstöcke vorgenommen und die Bodensäulen, unterteilt in 5 Tiefenschichten, nach Nematoden über das BAERMANN-Trichterverfahren ausgewertet. Um möglichst geringe örtliche Schwankungen zu haben, wurden die Einstiche dicht nebeneinander angeordnet. Der Bohrstockvergleich ergab, daß kein meßbarer Einfluß des Bohrstockdurchmessers auf die Zahl der bei der Probenahme überlebenden Nematoden festzustellen war.

2.1.3.2. Auswertung der Bodenproben

Die Auswertung des Bodens erfolgte auf zweierlei Weise; für die wandernden Wurzelnematoden und die Meloidogyne-Larven wurde ein etwas abgewandeltes BAERMANN-Trichterverfahren verwendet (DERN, 1961). Es ist aber nicht immer möglich, M. hapla bei geringem Vorkommen mit dieser Methode sicher nachzuweisen oder aus den gewonnenen Werten direkte Schlüsse auf die wirkliche Populationsdichte zu ziehen. So fand z. B. STEIN (1969) im Monat November in Tiefenschichten zwischen 0 und 50 cm nach dem BAERMANN-Trichterverfahren nur minimalen Besatz an M. hapla, konnte aber mit dem Wirtspflanzentest nachweisen, daß zur gleichen Zeit eine hohe Populationsdichte im Boden vorhanden war. Da im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ein möglichst großer Teil der Gesamtpopulation von M. hapla erfaßt werden sollte, also auch Eier und inaktive Larvenstadien, wurde ein Wirtspflanzentest angeschlossen.

2.1.3.2.1. Isolierung der Nematoden

Von jeder Mischprobe aus 5 Einstichen wurden 25 ml Erde mit einem Meßbecher entnommen und auf ein Sarangazesieb mit aufliegendem Milchwattefilter gleichmäßig verteilt. Dieses Sieb wurde anschließend auf einen Trichter gesetzt, der so hoch mit Wasser gefüllt war, daß dieses die

Erde etwa 1/2 cm überschichtete. Mit dieser Methode, einer etwas abgewandelten BAERMANN-Trichtertermethode, wurden die Nematoden, soweit sie aktiv durch den Filter wanderten, von der Bodenprobe getrennt. Nach 48 h wurden die durch ihr Gewicht absinkenden Nematoden durch Öffnen des Quetschhahns am Trichterauslauf mit 10 ml Wasser in ein Zentrifugenröhrchen abgezapft. Die in der Suspension enthaltenen Nematoden wurden in einem Kühlschrank bei 4°C zum Absetzen gebracht und aufbewahrt.

Nach dem Absaugen des nematodenfreien Wassers wurde das eingeeengte Nematoden-Sediment auf einem Objektträger unter dem Mikroskop bei 36-facher Vergrößerung ausgezählt. Es wurden, wie bei 2.1.1.3. beschrieben, die 3 Gattungen Meloidogyne, Pratylenchus, Trichodorus getrennt berücksichtigt und alle weiteren Nematoden unter dem Begriff "Übrige Gattungen" gewertet. Die erhaltenen Zahlenwerte wurden auf 100 ml Boden umgerechnet.

2.1.3.2.2. Wirtspflanzentest

Für den Wirtspflanzentest wurde die mit dem großen Bohrstock gehobene Erde, abzüglich geringer Mengen für das BAERMANN-Trichterverfahren in 11 cm-Plastiktöpfe (330 ml Inhalt) gefüllt. Das ergab pro Parzelle und pro Tiefenstufe 8 Töpfe, wovon jeweils 4 mit Schnittsalat (gelber hohlblättriger Buttersalat) und 4 mit Buschtomaten (Prof. Ruthloff) angesät wurden. Nach 6-8 Wochen - solange standen die Topfpflanzen im Gewächshaus, im Winter mit Zusatzbeleuchtung - wurden die Wurzeln der Wirtspflanzen von der anhaftenden Erde freigewaschen und die Gallen, die von Meloidogyne-Weibchen an den Wurzeln gebildet worden waren, ausgezählt. In jeder Galle befand sich mindestens ein Weibchen, meist aber mehrere, der Durchschnitt lag im vorliegenden Versuch zwischen 2 und 3.

2.1.3.3. Pflanzenenertrag

Wegen des langsamen Abbaus von Di-Trapex, das als Boden-entseuchungsmittel eine phytotoxische Wirkung hat, und der damit verbundenen Wartezeit, mußte im 1. Versuchsjahr an zwei Terminen gesät werden. Die Kontroll- und Temik-Parzellen wurden am 11. 4. 69 und die Terabol- und Di-Trapex Parzellen am 29. 6. 69 eingesät. Das bedingt, daß im 1. Versuchsjahr nur der Pflanzenenertrag der beiden Varianten mit jeweils gleicher Saatzeit vergleichbar ist. Bei der Ernte im November wurde das Gesamt-rübengewicht, die Rübenzahl, und die Gallenzahl pro Rübe ermittelt.

2.1.4. Ergebnisse

Es erscheint zweckmäßig, die Ergebnisse nicht nach den Nematiziden zu ordnen, sondern nach den untersuchten Nematodengattungen. Das hat den Vorteil, daß

- 1) in jeder Darstellung die Kontrolle dabei ist,
- 2) nicht zu viele Kurven pro Darstellung einzuzeichnen sind,
- 3) keine verschiedenen Maßstäbe für die einzelnen Nematodengattungen in einer Darstellung nötig sind.

Die Abbildungen 3 bis 8 und Tab. 3 geben die Wirkung der angewandten Mittel auf die Nematodenfauna wieder.

2.1.4.1. Entwicklung der Nematodenpopulationen

2.1.4.1.1. Übrige Gattungen

Da der Gruppe der "Übrigen Gattungen" das Mehrfache an Individuen der drei getrennt ausgezählten pflanzenparasitären Gattungen angehören, erlaubt die Beeinflussung ihrer Individuenzahl durch Nematizide eine gute Aussage. Es fällt auf, daß während der fast zweijährigen Versuchsdauer bei der Kontrolle, abgesehen von saisonalen Schwankungen, in allen Tiefenschichten keine wesentliche An-

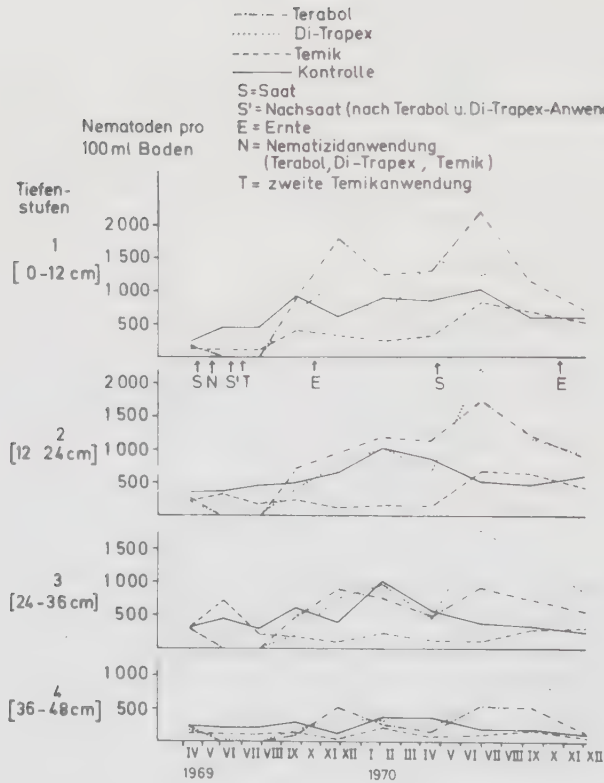


Abb. 3: Der Einfluß von Nematiziden auf die Populations-
entwicklung der "übrigen Gattungen"

derung der Nematoden-Dichte auftrat (Abb. 3). Schwach zeichnet sich eine Tendenz zur Verlagerung in höhere Bodenschichten ab.

Als das für die Nematoden-Abtötung wirksamste Mittel erwies sich unter den gegebenen Versuchsbedingungen das gasförmige Bodenentseuchungsmittel Terabol. Es wirkt schnell und auch in größeren Tiefen noch durchschlagend. DROSIHN (1967) stellte bei Messungen in verschiedenen Bodentiefen im Freiland fest, daß die Gaskonzentration von Methylbromid in 120 cm Tiefe 150 Std. nach der Begasung und rund 100 Std. nach der Lüftung über doppelt so hoch war, wie direkt nach der Lüftung. Das besagt, daß dieses Gas sich in tieferen Bodenschichten, soweit es in sie eindringen kann und nicht durch Grundwasser, Verdichtungshorizonte, Pflugsohle u. a. in oberflächlichen Schichten gestaut wird, erst allmählich erreicht und dort seine Wirkung entfaltet.

Entsprechend eindeutig war auch die Entseuchungswirkung in den Tiefenbereich bis 1 m. 6 Wochen nach der Terabol-Anwendung konnten in 28 Bodenproben erst 10 Einzeltiere, die aber keine Pflanzenparasiten waren, festgestellt werden (Tab. 3). Ähnlich verhält es sich bei aufgeschüttetem Boden, in dem 1 1/2 Monate nach der Mittelanwendung in 28 Proben aus Tiefen bis zu 1 m nur ein Nematode gefunden werden konnte.

Ein beträchtlicher Anstieg stellte sich erst zwischen Juni und September ein und erreichte bis November seinen Höhepunkt. Während dieser 4 Monate der Wiederbesiedelung wurde in allen Tiefenbereichen die Anzahl der Nematoden der Kontrolle übertroffen. Es bleibt dann in den oberen Schichten bei der erhöhten Nematodendichte bis zum Versuchsende, mit einer auffallenden Spitze im Juni 1970.

Die entseuchende Wirkung des Di-Trapex läßt sich nicht so bald nach der Anwendung nachweisen. Bei der ersten Probe-

Tabelle 3: Vertikalverteilung von Nematoden im Jahresablauf nach Anwendung verschiedener Nematizide in dem Versuch Worfelden.

Tiefenstufen		¹ (0 - 12 cm)				² (12 - 24 cm)				³ (24 - 36 cm)			
Nematoden		M.hapla	Pratyl.	Trichod.	Übrige	M.hapla	Pratyl.	Trichod.	Übrige	M.hapla	Pratyl.	Trichod.	Übrige
Terabiol	IV.69	5	15	19	183	6	49	31	277	9	62	37	306
	VI.69	0	0	0	7	0	0	0	0,5	0	0	0	1
	VII.69	0	0	0	6	0	0	0	6	0	0	0	4,5
	IX.69	0	0	0	888	0	0	0	725	0	0	0	458
	XI.69	0	0	0	1808	0	0	0	953	0	0	0	884
	II.70	0	0	0	1254	0	0	0	1191	0	0	0	768
	IV.70	0	0	0	1328	0	0	0	1135	0	0	0	495
	VI.70	0	0	0	2211	0	0	0	1744	0	0	0	932
	IX.70	0	0	0	1170	0	0	0	1224	0	0	2	760
Di-Trapez	XII.70	0	0	0	703	0	0	0	800	0	0	1	500
	IV.69	10	8	35	187	9	26	36	206	3,5	42	45	307
	VI.69	0	0	0	4	0	0	0	0,5	0	0	0	0,5
	VII.69	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
	IX.69	0	0	0	702	0	0	0	406	0	0	0	215
	XI.69	0	0,5	0	1151	0	0	0	790	0	0	0	771
	II.70	0	0	0	595	0	0	0	1016	0	0	0	986
	IV.70	0	0	0	1502	0	0	0	674	0	0	0	480
	VI.70	0	0	0	1223	0	0	0	2222	0	0	0	1787
Temik	IX.70	0	0	0	1500	0	0	0	1162	0	0	2	1342
	XII.70	0	0	1	879	0	3	1	921	0	0	5	867
	IV.69	3,5	14	12	157	6,5	18	21	220	2	21	19	292
	VI.69	0	4,5	11	139	3,5	18	23	348	5	53	35	720
	VII.69	0	1,5	4	144	0	12	14	190	0	13	8	218
	IX.69	3,5	5	4	415	11	9	3,5	247	22	6	3,5	190
	XI.69	42	3,5	0	351	27	4	0,5	135	26	2	1	126
	II.70	74	1	0	233	12	3	0,5	188	14	4	0,5	223
	IV.70	13	3	1	336	20	9	0	184	6	3	1	160
Kontrolle	VI.70	13	18	1	826	10	21	3	687	11	5	0	150
	IX.70	0	0	0	702	9	13	4	650	30	6	0	318
	XII.70	0	0	0	247	4	0	1	441	0	0	0	530
	IV.69	3,5	11	14	220	6	29	33	377	6	44	29	316
	VI.69	3,5	19	13	449	2,5	11	52	382	2,5	31	36	477
	VII.69	0	55	15	443	0	59	42	462	0,5	58	35	289
	IX.69	11	48	29	916	9	29	31	496	0	27	34	611
	XI.69	49	17	5,5	607	157	31	21	654	19	16	20	402
	II.70	87	28	2,5	904	101	74	13	1023	28	76	11	1022
Kontrolle	IV.70	20	46	6	844	88	180	25	872	58	160	22	582
	VI.70	5	66	8	1022	28	78	22	520	4	64	14	390
	IX.70	2	30	0	596	44	82	8	468	0	16	37	352
	XII.70	2	15	1	582	7	38	6	596	1	21	17	274

Die Zahlen beziehen sich auf jeweils 100 ml Boden und stellen Mittelwerte aus 8 Proben von 4 Parzellen dar.

4 (36 - 46 cm)				5 (48 - 60 cm)				6 (60 - 80 cm)				7 (80 - 100 cm)			
M.hapla	PratyL.	Trichod.	Ubrige	M.hapla	PratyL.	Trichod.	Ubrige	M.hapla	PratyL.	Trichod.	Ubrige	M.hapla	PratyL.	Trichod.	Ubrige
10	43	34	216	1	46	20	161	0	19	24	89	0	10	3,5	28
0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1,5
0	0	0	119	0	0	0	47	0	0	0	38	0	0	0	22
0	0	0	526	0	0	0	219	0	0	0	29	0	0	0	16
0	0	0	272	0	0	0	42	0	0	0	10	0	0	0	8
0	0	0	172	0	0	0	65	0	0	0	52	0	0	0	11
0	0	0	569	0	0	0	75	0	0	0	56	0	0	0	20
0	0	0	526	0	0	0	60	0	0	0	66	0	0	0	34
0	0	0	144	0	0	1	64	0	0	0	52	0	0	0	22
10	22	24	173	3,5	41	22	155	0	23	4,5	52	0	7	0	44
0	8	0,5	21	0	9	1,5	29	0	14	11	16	0	1	0,5	5
0	25	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0,5	0,5	0
0	0	0	190	0	0	0,5	32	0	2	0,5	31	0	0,5	0,5	24
0	0	0	353	0	0	0	51	0	3	0,5	17	0	0	0,5	3,5
0	0	0	344	0	0	0	51	0	1,5	4	19	0	0,5	1	6
0	0	0	235	0	1	0	33	0	5	1	19	0	4	2	7
0	0	0	629	0	0	6	99	0	4	2	31	0	4	0	27
0	0	0	1064	0	0	0	272	0	0	2	118	0	0	1	35
0	1	2	401	0	0	1	64	0	0	0	48	0	1	0	9
5	23	35	165	0,5	43	15	159	0,5	12	3	49	0	8	4,5	30
4	7	16	131	3,5	35	12	136	0,5	73	11	129	0	26	4	48
0	25	11	122	0,5	71	5	95	0	86	3,5	75	0	8	2	19
0	5	2,5	162	0	13	4,5	54	0	11	2,5	49	0	8	3	21
10	2	0,5	51	20	3	0	40	0	13	2,5	35	0	1	0,5	17
0,5	1,5	0	207	0	9	0	23	0	2,5	0,5	11	0	1,5	2	3,5
6	4	1	50	1	5	1	26	0	2	0	15	0	0	0	8
10	2	1	107	0	4	1	44	0	6	0	35	0	0	0	20
0	4	0	204	0	4	0	78	0	9	0	50	0	1	1	18
0	0	0	73	0	2	2	64	0	0	0	26	0	1	1	13
3,5	46	22	232	0,5	67	17	140	0,5	28	12	67	0	13	5	22
7	31	29	219	0,5	43	13	179	0	26	10	121	0	14	6	43
0,5	40	21	216	0,5	82	14	121	0	21	6,5	103	0	31	2,5	40
0,5	37	15	296	0,5	50	5	127	0	47	4	75	0	24	3,5	34
1,5	12	10	129	0	20	4,5	73	0	19	2,5	41	0	9	5	19
0,5	14	12	370	0	15	3,5	105	0	15	4	34	0,5	0,5	1	15
2	66	0	363	0	45	2	130	0	12	4	34	0	1	0,5	12
0	20	5	193	0	28	4	128	0	5	0	26	0	0	0	9
0	14	4	190	0	22	4	56	0	23	1	73	0	1	1	27
0	16	9	122	0	6	5	46	0	5,5	0	19	0	0	0	6

nahme, 7 Wochen nach der Applikation zeigt sich eine starke nematizide Wirkung erst in den oberen Schichten zwischen 0 u. 36 cm, während die darunter liegenden Schichten zu dieser Zeit noch 10 - 20 % der Ausgangspopulation aufweisen (Tab. 3). Die Wirkung des Mittels scheint sich bis zur zweiten Probenahme fortzusetzen, denn bis dahin kam es zu einer weiteren Verminderung der Nematoden in allen Schichten bis fast auf Null. In den 56 ausgezählten Proben der Di-Trapex-Parzellen konnten nur 18 Individuen festgestellt werden.

Doch auch hier baute sich schnell wieder eine hohe Population auf mit einem vom April 1970 in der obersten Schicht zum Juni 1970 in der 2. und 3. Schicht und zum September 1970 in der 4. und 5. Schicht wandernden Maximum. Gegen Ende des Versuchs liegt auch die Nematodendichte der Di-Trapex-Parzellen über der Kontrollparzellen.

Im Gegensatz zu den beiden vorstehend aufgeführten Mitteln mit weitem Wirkungsspektrum hat das überwiegend systemisch wirkende Temik keine so ausgeprägt nematizide Wirkung auf die "Übrigen Gattungen". Das Temik-Granulat wurde am 24. 4. 69 und am 29. 6. 69 ausgebracht. Die Kurve der Kontrolle liegt in allen Tiefenschichten über der Temikkurve (Abb. 3, Tab. 3), bis es ab Juni 1971 zu einer Angleichung beider Kurven kommt.

Während des ganzen Versuches übersteigt in der Tiefe zwischen 24 cm und 36 cm die Nematodenzahl der Temik-Variante die der Kontrolle nur zu einem Termin wesentlich. Es handelt sich dabei um den ersten Termin nach der ersten Mittelanwendung.

2.1.4.1.2. Trichodorus und Pratylenchus

Betrachtet man zuerst die Entwicklung der Gattung Trichogorus (Abb. 4), so kann man langfristig die Tendenz einer Populationsverminderung in allen untersuchten Tiefen feststellen, die von einem schwankenden Kurvenverlauf in den drei oberen Schichten begleitet ist. Bei Pratylenchus kommt es nur in dem Bereich unter 48 cm zu einem langfristigen Rückgang, dagegen weisen die oberen Bodenschichten im Frühjahr 1970 eine Populationsdichte auf, die weit über der im Frühjahr 1969 gefundenen liegt (Abb. 5).

Terabol führt zu einer so starken Reduktion der Populationsdichte beider Gattungen, daß mit der verwendeten Isolierungsmethode während der weiteren Versuchszeit keine Tiere der Gattungen Pratylenchus und nur vereinzelt in den letzten Monaten solche der Gattung Trichodorus isoliert werden konnten, insgesamt 6 in den 112 Proben der letzten beiden Termine (Tab. 3).

Weniger vollständig war die Wirkung von Di-Trapex gegen beide Gattungen. In der Tiefe zwischen 50 cm und 100 cm ließ sich immer ein gewisser Stamm von Tieren der beiden Gattungen nachweisen. Im zweiten Versuchsjahr tauchten Vertreter beider Gattungen schließlich auch in höheren Bodenschichten auf und konnten gegen Ende des Versuchs im Dezember 1970 in allen Tiefen gefunden werden. Um die Entwicklung der Tiefenverteilung von Pratylenchus spp. und Trichogorum spp. übersichtlich darzustellen, wurden die Tiere dieser beiden Gattungen wegen ihrer geringen Zahl zusammengefaßt und ihr Auftreten in Abb. 6 eingezeichnet, unabhängig von den im Einzelfall gefundenen Zahlen. Die Darstellung zeigt die stufenweise Abnahme der Nematodenfunde nach der Mittelanwendung mit einem Minimum im Winter 1969/70. Von da ab erfolgt eine Besiedelung der nematodenfreien Bodenschichten bis zur Bodenoberfläche.

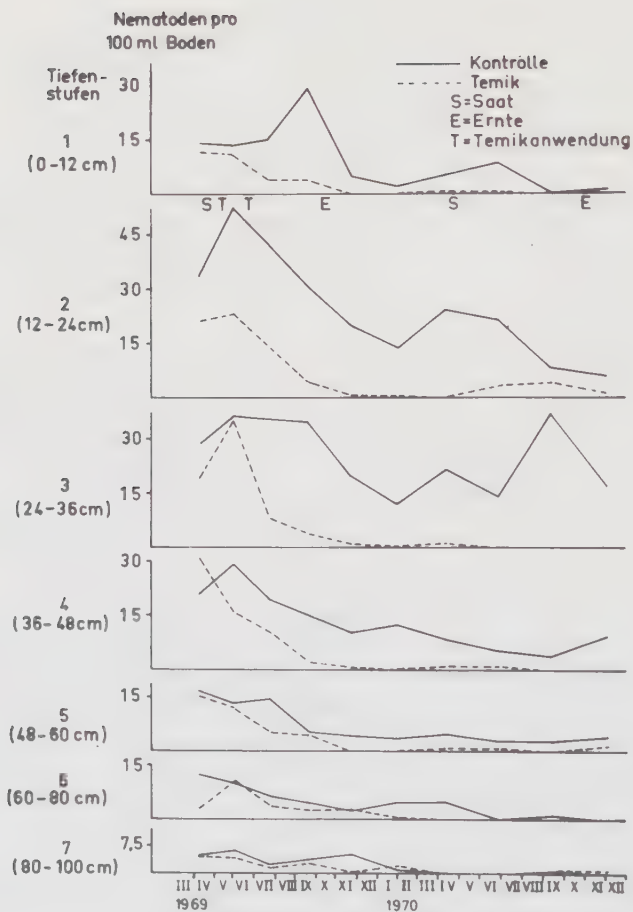


Abb. 4: Der Einfluß von Temik auf die Populationsentwicklung der Gattung Trichodorus

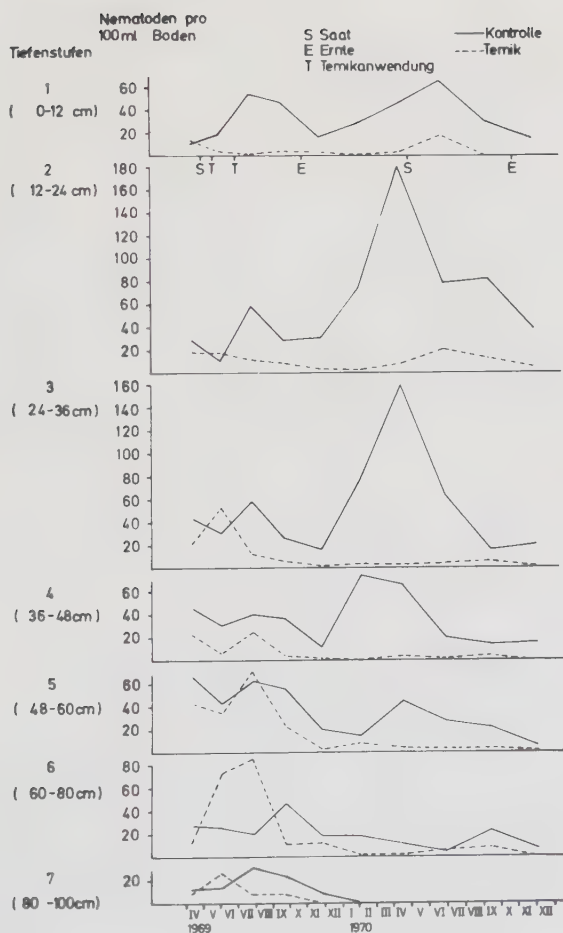


Abb. 5: Der Einfluß von Temik auf die Populationsentwicklung der Gattung Pratylenchus

Probenahmeterminine

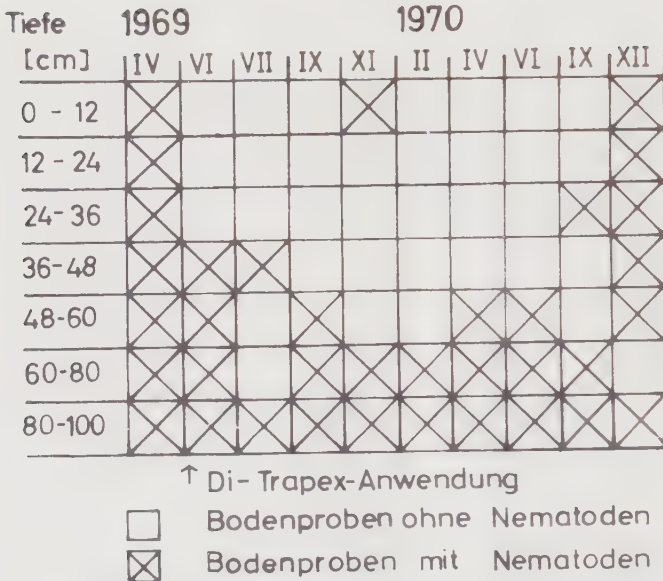


Abb. 6: Das Auftreten von Trichodorus spp. und Pratylenchus spp. in den Di-Trapex-Parzellen

Die Wirkung von Temik zeigt sich auch bei den beiden hier betrachteten Gattungen deutlich (Abb. 4 und 5). Die Temik-kurven liegen, abgesehen von den Terminen direkt nach der Temik-Anwendung, in allen Tiefenstufen unter den Kontrollkurven. Besonders groß ist der Abstand beider Kurven voneinander in den oberen Bodenschichten bis 50 cm. Die Werte der 3. und 6. Schichte der Temik-Variante fallen hier, wie schon bei den "übrigen Gattungen" beobachtet wurde (Abb. 3), durch einen deutlichen Anstieg der Nematodendichte nach der Mittelapplikation aus der Reihe. Ein weiterer Anstieg der Nematodendichte, der allerdings in dieser Deutlichkeit nur bei Pratylenchus auftritt, zeichnet sich zwischen 50 und 80 cm Tiefe im Frühsommer 1969 ab.

2.1.4.1.3. Meloidogyne

Bei der Betrachtung der Populationsentwicklung von M. hapla ist zu unterscheiden zwischen den Zahlen der aus dem Boden isolierten Larven und den im Wirtspflanzen-test ermittelten Gallenzahlen. Zwischen beiden besteht nur eine geringe Korrelation.

Die Ergebnisse der Isolationen sind in Abb. 7 wiedergegeben. Larven lassen sich in dem Worfeldener Versuch bei der Kontrolle im wesentlichen in den oberen 36 cm finden. Einzeltiere tauchten auch in dem darunterliegenden Bereich bis 1 m Tiefe auf. Die hohen Larvenzahlen des Winters 1969/70 wurden im Winter 1970/71 auch nicht annähernd gefunden. Während der Vegetationszeit hielten sich die Zahlen in engen Grenzen.

Wesentlich ausgeglichener ist der Verlauf der Gallenbildung in den Kontrollen (Abb. 8). Auch in größerer Bodentiefe scheint danach M. hapla noch reichlich vorzukommen. Die Verseuchung war zwischen 36 und 60 cm zu Versuchsbeginn wesentlich höher als gegen Versuchsende.

Die beiden Präparate Terabol und Di-Trapex führten zu einer Ausschaltung von M. hapla über den ganzen Versuchszeitraum, so daß eine graphische Darstellung nicht möglich ist.

Das langsame, sich über mehrere Monate erstreckende Vordringen des Di-Trapex in tiefere Bodenschichten spiegelt sich nicht bei der Auswertung nach Meloidogyne-Larven wider, wohl aber bei der Auswertung nach Gallen im viel genaueren Wirtspflanzen-test: Bei der ersten Auswertung nach der Mittelapplikation im Juni 1969 ist nur die obere Bodenschicht bis 24 cm Tiefe frei von infektiösfähigen Meloidogyne-Stadien. In dem Boden aus der 3. Schicht wurde an den Wirtspflanzen noch eine Galle, in der darauffolgenden 4. und 5. Schicht dagegen 82 bzw. 7 Gallen ge-

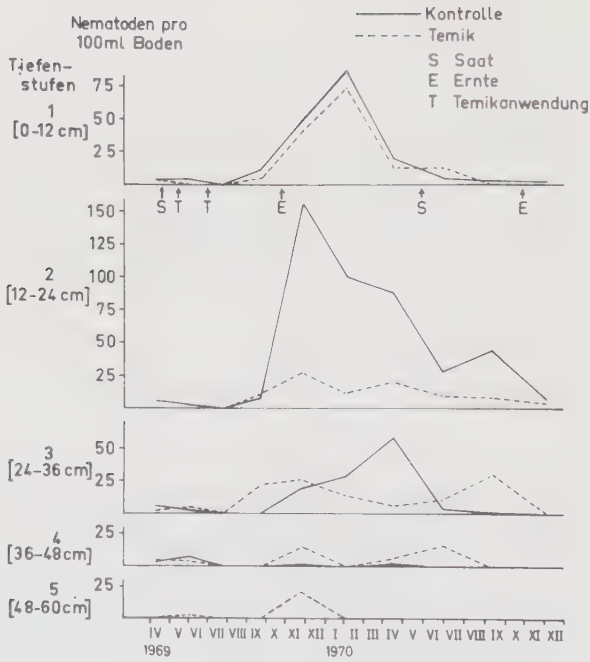


Abb. 7: Der Einfluß von Temik auf Meloidogyne hapla

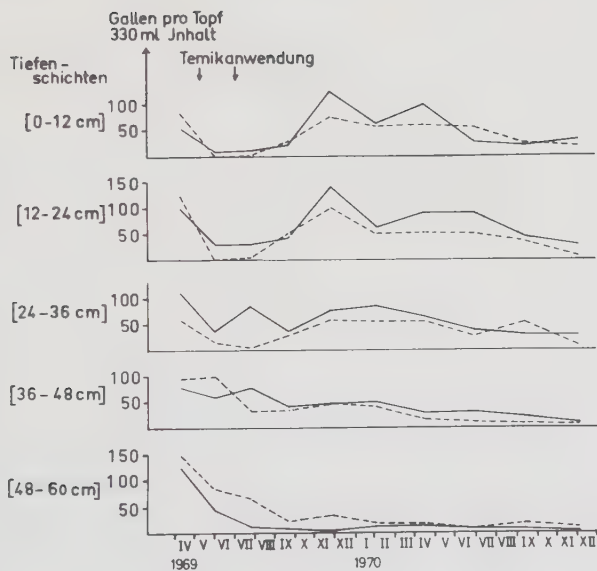


Abb. 8: Der Einfluß von Temik auf Meloidogyne hapla
(Wirtspflanzentest)

funden. Zum nächstfolgenden Termin konnten auch mit Hilfe des Wirtspflanzen-tests keine Gallen mehr gefunden werden und auch in den folgenden 1 1/2 Jahren kam es nur zu sporadischem Auftreten von Einzelgallen in verschiedenen Bodentiefen.

Vergleicht man nun die Zahl der Larven aus den Kontrollen mit denen der Temik-Variante, so fällt auf:

- 1) ein fast gleichartiger Kurvenverlauf in beiden Varianten in der obersten Bodenschicht
- 2) ein Dominieren der Meloidogyne-Larven in der 2. Schicht der Kontrollparzelle.
- 3) ein gegen die Kontrolle starker Anstieg der Larvenzahlen in der 4. und 5. Schicht der behandelten Fläche.

Der Anstieg der Anzahl aktiver Larven im Winter 1969/70 zeichnet sich zu Beginn des Winters 1970/71 nicht ab (Abb. 7).

Der von den bereits besprochenen Nematoden-Gruppen nach Temik-Anwendung bekannte Anstieg der Tierzahl in dem Bereich zwischen 24 und 36 cm tritt bei M. hapla auch auf, kommt aber in der Abb. 7 nicht so deutlich zum Ausdruck. In der Variante mit Temik wurden nach der ersten Applikation im Juni 1969 5 Individuen, in der Kontrolle nur 2,5 pro 100 ml Boden gefunden.

Im Wirtspflanzen-test (Abb. 8) ergibt sich bezüglich der Beeinflussung der Populationsdichte von M. hapla durch Temik ein etwas anderes Bild, als bei der Auswertung nach Larven. Die Unterschiede im Wirtspflanzen-test zwischen Kontrolle und Temik sind nur schwach ausgeprägt. Temik führt, gemessen an der Kontrolle, über die ganze Versuchszeit zu einer geringen Verminderung der Gallenbildung im Bereich zwischen 0 und 48 cm und zu einer schwachen Vermehrung derselben zwischen 48 und 60 cm.

2.1.4.2. Auswertung der Ernte

Bei der Ernte wurden Zahl und Gewicht der geernteten Möhren ermittelt, sowie die vorhandenen Gallen ausgezählt. Die Resultate sind in Tab. 4 eingetragen.

Im Jahr 1969 erfolgte die Saat der Möhren zu verschiedenen Zeiten. Es lassen sich deshalb in diesem Jahr nur die beiden Bodenentseuchungsmittel miteinander vergleichen und die Temik-Variante mit der Kontrolle. Von der ersten Gruppe schneiden die Terabolparzellen mit einem Erntertrag, der den der Di-Trapex-Parzellen um mehr als 100 % übertrifft, gut ab. Auf den Temik-Parzellen wird der Ertrag der Kontroll-Parzellen um 100 % übertroffen, das ist sowohl auf ein erhöhtes Gewicht der Einzelmöhren, als auch auf die größere Möhrenzahl zurückzuführen.

1970 gleichen sich die Werte der einzelnen Varianten stark einander an. Den geringsten Ertrag bringt die Kontrollparzelle.

Die im Vergleich zu 1969 allgemein geringe Möhrenzahl pro Parzelle war auf einen mangelhaft keimfähigen Samen zurückzuführen.

Der Unterschied im Gallenbesatz der Temik- und Kontrollmöhren von 1969 schien sich 1970 ausgeglichen zu haben.

Der Wirtspflanzentest ließ ebenso wie im Freiland deutlich die Wachstumsstimulation, die in besonders ausgeprägter Form als Nebeneffekt der Bodenentseuchung mit Terabol und Di-Trapex auftrat, erkennen. Sie war wirksam bis Frühjahr 1970. Von da ab kam es, wie ja auch die Ernteausswertung zeigt, zu einer Angleichung der Wachstumsbedingungen der behandelten Varianten an die Kontrolle.

Tabelle 4: Erntedaten des Nematizidversuches in Wörfelden

	Kerottenzahl pro Parzelle		Erntegewicht pro Parzelle (nur Rübenkörper)		Durchschnittsgewicht einer Karotte		Gallen pro Karotte	
	1969	1970	1969	1970	1969	1970	1969	1970
Teräbol	[1944] [*]	687	[63,8] kg	48,1 kg	[32,8 g]	70,7 g	[0]	0
Di-Gloxex	[11,3]	766	[24,7] "	49,1 "	[21,2 "]	64,1 "	[0]	0
Tenar	[14,3]	503	[110,3] kg	40,6 kg	[20,6 g]	79,9 g	[3,1]	2,0
Kontrolle	[1011]	627	[59,8]	42,8	[19,1 "]	68,3 "	[10]	1,4

^{*} Im Jahre 1969 sind wegen verschiedener Saatzeiten nur die mit einer Klammer zusammengefaßten Werte miteinander vergleichbar.

2.2. Anwendung von Nematiziden in aufgeschüttetem Boden

Die überwiegende Zahl der pflanzenparasitären Nematoden kommt in der sog. Ackerkrume, den oberen 30 cm des Bodens, vor (GOFFART, 1961). Der Einfluß verschiedener Nematizide und Bodenentseuchungsmittel erstreckt sich aber auch auf größere Bodentiefen. Da in diesen Tiefen nur noch wenige Nematoden auftreten, läßt sich dort anhand der Nematoden der Wirkungsbereich chemischer Mittel nicht mehr so exakt nachweisen. Gerade die Tiefenwirkung von Bodenentseuchungsmitteln ist aber für den Wiederaufbau von Nematodenpopulationen entscheidend. Eine Hilfe sollte hier ein Modellversuch mit einheitlich bis in eine Tiefe von 1 m verseuchter Erde bieten. Ein starker und gleichmäßiger Nematodenbesatz erlaubt es, genauer die Einflüsse von Nematiziden auf die Nematodenfauna in den verschiedenen Tiefen zu erfassen.

Dieser Versuch sollte zur Absicherung und Ergänzung der im Worfeldener Versuch gefundenen Ergebnisse dienen und deren Interpretation erleichtern, wobei allerdings die Andersartigkeit von aufgeschüttetem Boden zu berücksichtigen ist.

2.2.1. Material und Methoden

Der Boden, ein humoser, sandiger Lehm mit einem pH von 6,3, stammte vom Versuchsfeld des Instituts für Phytopathologie in Gießen. Er war reich an Meloidogyne hapla, sowie an Tieren der Gattungen Pratylenchus und Paratylenchus.

Im gewachsenen Boden des Versuchsfeldes wurden 1 m tiefe Löcher ausgehoben, mit einer Plastikplane ausgekleidet und mit der oben beschriebenen Versuchserde gefüllt. Jede dieser Bodensäulen war in ihrer vollen Höhe durch einen Graben zugänglich, der mit Torf verschlossen war und nur für die Probenahme geöffnet wurde. Dadurch war für eine natürliche

Bodentemperatur gesorgt. 8 solche Bodensäulen mit einer Fläche von je 70 mal 70 cm und einer Tiefe von 100 cm wurden angelegt. Davon waren immer 2 für die Kontrolle und die Mittel Terabol, Di-Trapex und Temik bestimmt.

Die Applikation erfolgte nach den bei 2.1.2. beschriebenen Methoden Anfang April. 4 Wochen danach wurden Wirtspflanzen (Gelber Hohlblättriger Buttersalat) angesät und 6 und 14 Wochen danach Proben genommen, indem von der Richtung aus, die mit Torf zugeschüttet war, nach dessen Entfernen eine etwa 20 cm starke Bodenschicht über die ganze Tiefe der Bodensäule abgetragen wurde. Es erfolgte wieder eine Unterteilung in 7 Tiefenschichten. Von jeder dieser Schichten kamen 2 Proben à 25 ml auf BAERMANN-Trichter. Weiterhin wurden 8 Tontöpfe (280 ml Inhalt) pro Schicht für den Wirtspflanzen-test mit Boden gefüllt und mit Wirtspflanzen angesät. Die weitere Behandlung entsprach der des vorher beschriebenen Versuches. Bei der Auswertung wurden M. hapla, die Gattungen Pratylenchus und Paratylenchus und alle weiteren Nematoden zusammengefaßt als "Übrige Gattungen" getrennt ausgezählt.

2.2.2. Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 wiedergegeben.

Terabol führte auch hier zu einer totalen Bodenentseuchung. Bei der ersten Bodenuntersuchung, 6 Wochen nach der Applikation der Nematizide, konnte nur ein einzelner Nematode gefunden werden. Im Vergleich zu etwa 9000 bei der Kontrolle. Bis zum 2. Probenahmetermin kam es zu einer Besiedelung durch Nematoden der "Übrigen Gattungen" mit einer besonderen Häufung in der obersten Schicht.

Die mit Di-Trapex behandelten Bodensäulen waren bei der ersten Versuchsauswertung zwischen 0 und 40 cm völlig nematodenfrei, was für M. hapla auch der Wirtspflanzen-test bestätigte. In den darunterliegenden 60 cm kam es

Tabelle 5: Die Wirkung von 3 Nematiziden auf Nematoden in verschiedenen Tiefen eines aufgeschütteten Bodens.
(Die Zahlen beziehen sich bei Nematoden auf 100 ml, bei Gallen auf 4 l Boden)

Auswertungszeitpunkt	6 Wochen nach Applikation					14 Wochen nach Applikation				
	(Mitte Mai)					(Ende Juni)				
Nematoden-Stationen	M. hapla					M. hapla				
	übrige	Paratyph.	Pratylen.	Larven	Gallen (W.pfl.-Test)	übrige	Paratyph.	Pratylen.	Larven	Gallen (W.pfl.-Test)
Tiefe (cm)										
0-12	0	0	0	0	0	141	0	0	0	0
12-24	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0
24-36	1	0	0	0	0	33	0	0	0	0
36-48	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0
48-60	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
60-80	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0
80-100	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0
Teraboli	0-12	0	0	0	0	1003	0	0	0	26
	12-24	0	0	0	0	624	0	0	0	126
	24-36	0	0	0	0	348	0	0	0	41
	36-48	1	2	34	0	343	2	21	0	5
	48-60	703	74	120	2	335	13	46	0	0
	60-80	433	62	77	6	233	13	37	0	2
	80-100	271	50	62	10	363	14	52	0	17
Di-Trenex	0-12	0	0	0	0	649	12	0	81	99
	12-24	0	0	0	0	1530	73	76	187	124
	24-36	0	0	0	0	1447	64	52	56	66
	36-48	1	2	34	0	1802	123	125	30	108
	48-60	1479	88	102	12	1813	125	137	14	156
	60-80	1059	84	162	16	1521	541	133	39	63
	80-100	973	118	142	9	1212	223	177	1	76
Temik	0-12	1222	26	63	2	3	649	12	0	81
	12-24	1584	34	112	14	62	1530	73	76	187
	24-36	1732	100	134	8	90	1447	64	52	56
	36-48	1531	83	158	4	147	1802	123	125	30
	48-60	1479	88	102	12	135	1813	125	137	14
	60-80	1059	84	162	16	161	1521	541	133	39
	80-100	973	118	142	9	193	1212	223	177	1
Kontrolle	0-12	939	64	82	0	85	2000	720	103	135
	12-24	1255	108	124	20	95	2000	144	113	157
	24-36	1084	78	155	10	129	2256	434	125	36
	36-48	1172	95	138	10	117	1724	310	95	11
	48-60	1391	151	155	18	140	1703	4	103	0
	60-80	1285	122	195	19	117	1714	520	123	0
	80-100	1120	115	166	14	88	1620	311	10	0

nur zu einer gewissen Verminderung der Dichte aller untersuchten Gattungen. Bis zur 2. Probenahme waren die oberen 40 cm wieder durch Vertreter der "Übrigen Gattungen" besiedelt worden und zwar mit einer Dichte, die zu diesem Termin um ein Mehrfaches über der der beiden Terapolarzellen lag. Bei den pflanzenpathogenen Gattungen konnte durch mikroskopische Untersuchung keine Wiederbesiedelung höherer Schichten der mit Di-Trapex behandelten Variante festgestellt werden, wohl aber mit der Wirtspflanzenmethode bei M. hapla:

Untersuchungstermine

	1. Termin (Mai)	2. Termin (Juli)
Tiefe 0 - 40 cm	0 Gallen	193 Gallen
Tiefe 40 - 100 cm	197 Gallen	24 Gallen

Im Bereich zwischen 40 und 100 cm kam es zu einer weiteren Verminderung der Zahlen aller untersuchten Gattungen.

Die Wirkung von Temik äußerte sich anfangs nur schwach. Erst zum 2. Probenahmetermin stellte sich eine Verminderung der Gesamtzahl der Nematoden in den oberen 40 cm ein.

In der Kontrolle kommt es zwischen den beiden Probenahmen zu einem mäßigen Anstieg der "Übrigen Gattungen", zu einem starken Anstieg der Paratylenchus-Population und zu einer Verlagerung von M. hapla in die oberen Schichten. Der Wirtspflanzen test macht allerdings sichtbar, daß auch in den tieferen Schichten noch infektiösfähige Stadien von M. hapla ruhen.

Die Ergebnisse des Feldversuches in Wurfelfeldern konnten im wesentlichen durch diesen Modellversuch bestätigt werden.

3. VERSUCH ZUR ÜBERWINTERUNGSFÄHIGKEIT VON MELOIDOGYNE-LARVEN

Aus zahlreichen Untersuchungen an Nematoden geht hervor, daß das Überdauern kalter Jahreszeiten hauptsächlich im Eistadium erfolgt. Allerdings verfügen auch Larven und Adulte über Mechanismen, die ihnen eine Anpassung an niedrige Temperaturen erlauben, Endoparasitische Arten können auch in den Wurzeln perennierender Pflanzen überwintern.

Nach DECKER (1969) soll Meloidogyne hapla Winterkälte unter mitteleuropäischen Klimabedingungen in Eiform überstehen, wobei sich die Eier in Wurzelgallen oder im Boden befinden können. Die adulten Tiere und die Larven sollen absterben. HAHN (1958) fand auch, daß ein Nachweis von M. hapla über Larven im Winter nicht immer möglich ist. Entweder sind die Larven wirklich abgestorben, oder sie befinden sich in einem Ruhezustand, der sich nicht so kurzfristig aufheben läßt, wie es bei manchen Isolierungsverfahren nötig wäre.

Mit 2 Nachweisverfahren, der BAERMANN-Trichtermethode und einem Wirtspflanzentest sollte die Fähigkeit von M. hapla-Larven, niedere Temperaturen zu überdauern und der Einfluß dieser Temperaturen auf die Infektionsfähigkeit der Larven untersucht werden.

3.1. Standortbeschreibung

Der Versuch wurde auf dem Versuchsfeld des Phytopathologischen Institutes im Winter 1969/70 durchgeführt.

In Abb. 9 sind Temperaturwerte eingetragen, die das Mittel aus den Durchschnittstagestemperaturen der einen Probenahme vorangegangenen 2 Wochen darstellen. Die Temperaturmessung erfolgte in der Wetterstation des Versuchsfeldes in 2 m Höhe.

Daß es zu einem tiefen Durchfrieren des Bodens kam, zeigte sich bei der Probenahme vom 9. 1. 70. Zu diesem Zeitpunkt war der Boden bis in eine Tiefe von fast 20 cm gefroren.

3.2. Versuchsanlage

6 unten offene emaillierte Eisentonnen (Durchmesser 50 cm, Höhe 60 cm), die in die Erde eingegraben waren, wurden im November mit Meloidogyne-freiem Boden (sandiger Lehm) gefüllt. In allen Tonnen wurde dieser Boden in der Tiefe von 15 cm mit einer wäßrigen Suspension von je 100 000 Meloidogyne-Larven infiziert. Die Larven wurden in der beschriebenen Belüftungsanlage isoliert. Die Nematodensuspension war frei von M.-Eiern, enthielt aber einen geringen Prozentsatz Männchen.

3.3. Untersuchungsmethode

Alle 4 - 6 Wochen, genaue Werte sind in Abb. 9 wiedergegeben, wurde eine Tonne ganz ausgewertet. Dabei wurde die runde Erdsäule in 4 Tiefenschichten von je 12 cm unterteilt und von jeder Schicht 12 Bodenproben à 25 cm³ auf BAERMANN-Trichtern angesetzt. Es wurde nach 48 und nach 96 Std. abgezapft. Im Wirtspflanzentest sollte die ganze restliche Erde jeder Tonne erfaßt werden, deshalb wurden aus Gründen der Arbeitersparnis große 14 cm-Plastiktöpfe (1 l Inhalt) verwendet. Pro Bodenschicht einer Tonne konnten 20 Töpfe gefüllt werden. Als Wirtspflanzen wurden wieder Tomaten verwendet.

3.4. Ergebnisse

Über den gesamten Versuchszeitraum ließen sich Meloidogyne-Larven aus dem Boden isolieren wie die Abb. 9 zeigt. Sie wurden alle in den zwei oberen Schichten, also in dem Raum zwischen 0 und 25 cm gefunden. Zu einer Abwanderung in tiefere Schichten kam es somit nach dem Einbringen im

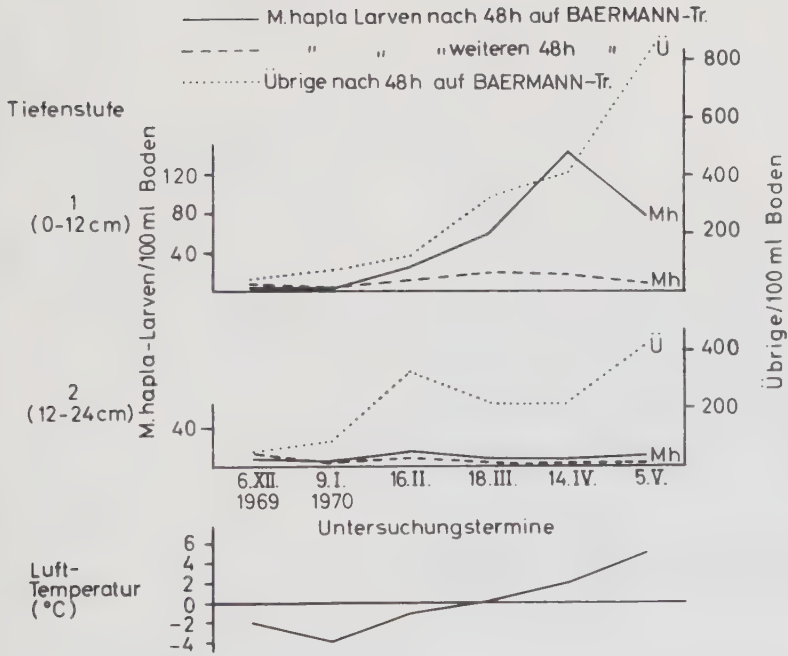


Abb. 9: Nachweis von M. hapla-Larven mit der BAERMANN-Urrichter-methode im Winter

November nicht mehr. Zu Beginn des Versuches konnten weniger Larven aus dem Boden isoliert werden, als gegen das Ende, außerdem wanderten sie anfangs langsamer auf den BAERMANN-Trichtern aus, als zum Schluß (Abb. 10).

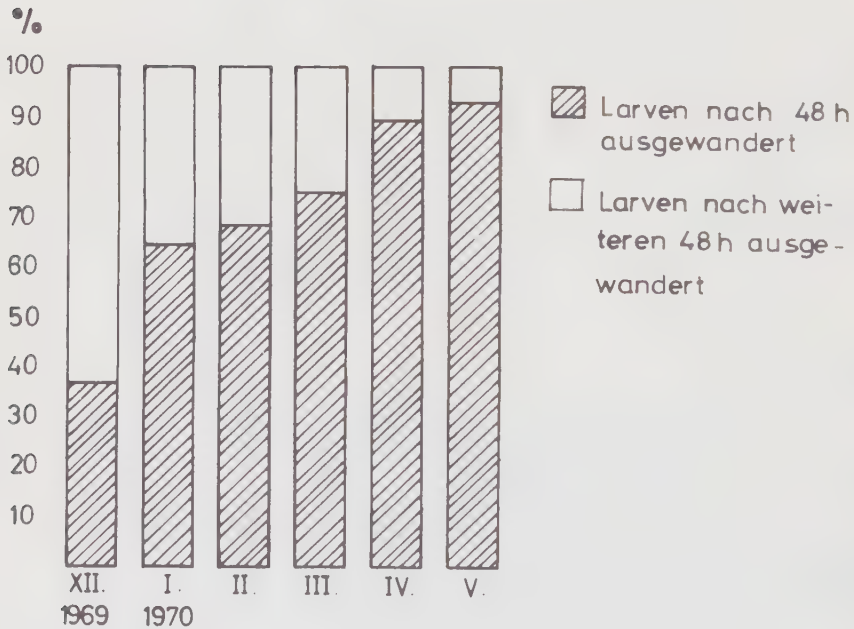


Abb. 10: Auswanderungsgeschwindigkeit von *M. hapla*-Larven auf BAERMANN-Trichtern im Winter und Frühjahr

Setzt man die Gesamtzahl der in 96 h ausgewanderten Larven 100 %, so läßt sich deutlich erkennen, daß der Prozentsatz der Larven, die in den ersten 48 h auswanderten, mit zunehmender Dauer des Versuches anstieg und zwar von 36 % bis 93 %. Letztere Erscheinung zeigte sich auch bei der gesamten übrigen Nematodenfauna.

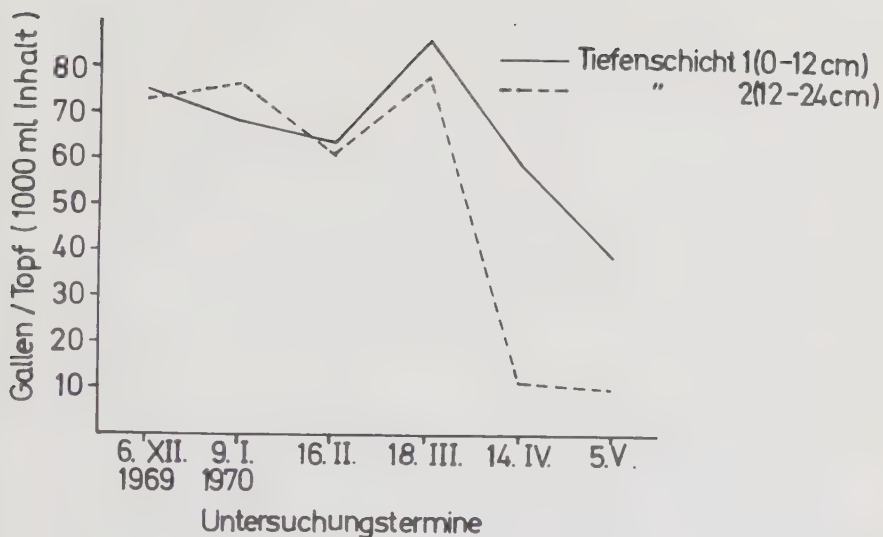


Abb. 11: Nachweis der Infektionsfähigkeit von M. hapla-
Larven mit dem Wirtspflanzen test.

Über die Infektionsfähigkeit der Larven gibt der Wirtspflanzen test Auskunft. Die Ergebnisse sind in Abb. 11 eingetragen. Von Versuchsbeginn bis Ende des Winters bewegte sich die Zahl der Gallen pro Topf etwa auf dem gleichen Niveau. Eine Beeinträchtigung der Infektionsfähigkeit durch Temperaturen unter 0°C wurde nicht festgestellt. Die Zahl der gebildeten Gallen pro Topf nimmt ab April deutlich ab, wobei die Abnahme in der tieferen Bodenschicht schneller erfolgt als in der Oberflächenschicht.

4. UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS SCHLÜPFEN VON M.-LARVEN

4.1. Das Schlüpfen von M. hapla unter Freilandverhältnissen in pflanzenfreiem Boden

Zu den zahlreichen Umwelteinflüssen, die sich mehr oder weniger stark auf das Schlüpfen von Meloidogyne-Larven auswirken, gehören auch die Wurzelausscheidungen von Pflanzen. Besitzen die Larven die Fähigkeit, hauptsächlich dann die schützende Eihülle zu verlassen, wenn spezifische Wurzelexsudate wirksam werden, d. h. im allgemeinen: wenn ein Wirtspflanzenangebot vorliegt, dann können sie Perioden mit Nahrungsmangel im Schutze der Eihülle überdauern. In diesem Fall wird wahrscheinlich das Schlüpfen nicht unbeschränkt lange ausgesetzt. Es erhebt sich deshalb die Frage, ob es beim Fehlen von Wirtspflanzen unter sonst günstigen Umweltbedingungen zu einem andauernden kontinuierlichen Schlüpfen kommt, oder ob ein stärkeres Schlüpfen der Larven erst nach einer gewissen Ruheperiode erfolgt. Dieser Frage soll am Beispiel von M. hapla in einem Modellversuch unter Freilandverhältnissen nachgegangen werden.

4.1.1. Versuchsanlage und Auswertung

Mit M. hapla angereicherter Boden, humoser, sandiger Lehm mit pH 6,2, wurde gemischt und in die unter 3.2. (Überwinterungsversuch) beschriebenen emaillierten Eisentonnen gefüllt. Im Jahre 1969 wurde die eine Hälfte der Tonnen mit Schnittsalat, die andere Hälfte mit Tomaten bestellt. Nach Beseitigung der oberirdischen Pflanzenreste im Herbst 1969 wurden die Tonnen durch Hacken bis April 1971 pflanzenfrei gehalten.

Die Auswertung erfolgte wieder, wie unter 3.2. beschrieben, mit dem Unterschied, daß in dem vorliegenden Versuch nur die Hälfte der Erde jeder Tonne über den Wirtspflanzen-

test lief, was 10 Löffeln (Inhalt 1 l) pro Tiefenschicht entsprach. Ab März 1970 wurden jeden Monat 2 Tonnen gleicher Vorfrucht ausgewertet. Wegen der beschränkten Tonnenzahl konnten nur alle 2 Monate 2 Tonnen der gleichen Vorfrucht untersucht werden. Auch hier wurden beide Nachweisverfahren, die mikroskopische Untersuchung und der Wirtspflanzentest angewendet. Um nun auch monatliche Werte zu bekommen, wurden zwischen 2 Terminen Proben mit dem Bohrstock gezogen und mikroskopisch ausgewertet. Diese Proben wurden immer aus den Tonnen genommen, deren Gesamtauswertung im nächsten Monat bevorstand. Die weitere Behandlung dieser Bodenproben erfolgte nach den vorher beschriebenen Methoden.

Die Wassergehalte des Bodens bewegten sich in der Oberflächenschicht während der Versuchszeit zwischen 15 und 23 % und darunter zwischen 18 und 25 %. Da angesichts der geringen Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit eine stärkere Beeinträchtigung der Nematoden-Entwicklung durch den Faktor Wasser ausgeschlossen werden kann, wird auf die Wiedergabe der Einzelwerte verzichtet.

4.1.2. Ergebnisse

In Abb. 12 sind die bei M. hapla und den "Übrigen Gattungen" ermittelten Ergebnissen für die Monate März bis Dezember 1970, sowie April 1971 dargestellt.

Die nach dem BAERMANN-Verfahren nachweisbaren Zahlen an Meloidogyne-Larven entwickelten sich im Jahresablauf ganz anders als die Zahlen der Gattungen Pratylenchus und Paratylenchus (beide in Abb. 13) und die der "Übrigen Gattungen" (Abb. 12). Während sich Meloidogyne-Larven nur in der ersten Jahreshälfte gut feststellen ließen und von da ab in allen Tiefen nur noch vereinzelt gefunden werden konnten, kam es bei den anderen Nematoden zu einer mehr oder weniger kontinuierlichen Verminderung der Zahlen ab Frühjahr 1970.

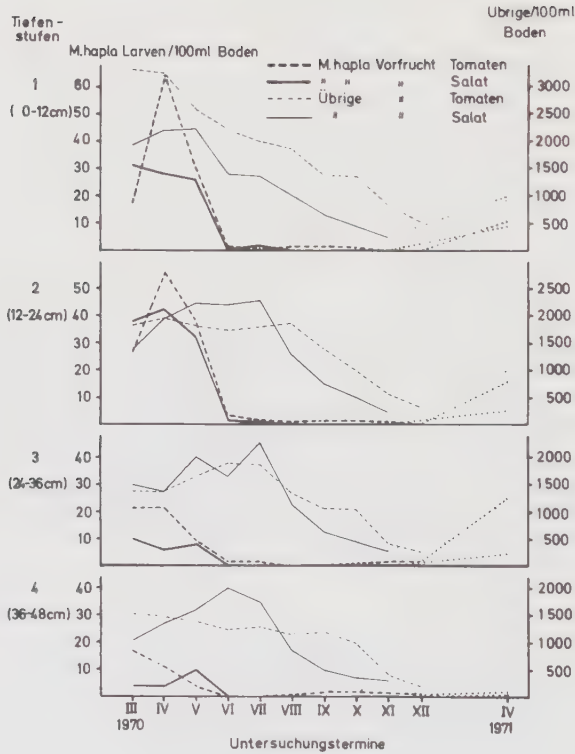


Abb. 12: Entwicklung der Populationen von M. hapla und der "Übrigen Gattungen" in pflanzenfreiem Boden

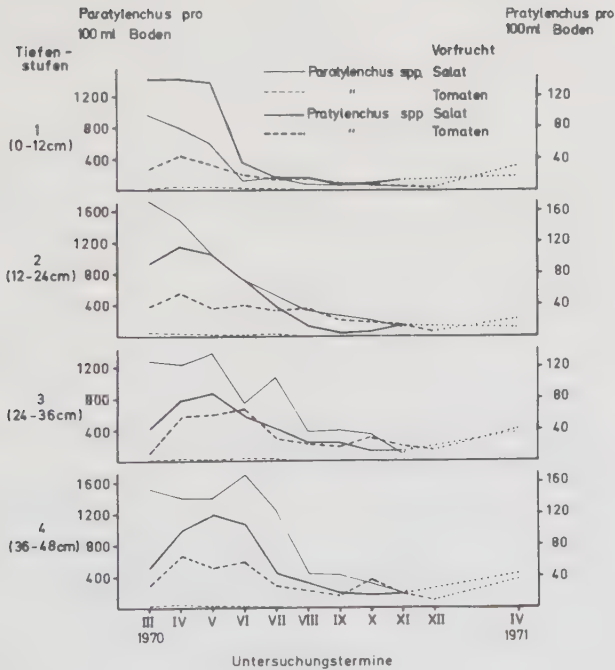


Abb. 13: Entwicklung der Populationen von Paratylenchus und Pratylenchus in pflanzenfreiem Boden

Nach dem niederen Stand im Dezember 1970 ließ sich bei allen 4 getrennt ausgezählten Nematodengruppen eine starke Erhöhung der Individuenzahlen im April 1971 nachweisen. Am markantesten ist dieser Anstieg bei M.-hapla.

Der Wirtspflanzentest, dessen Ergebnisse in Abb. 14 dargestellt sind, macht deutlich, daß trotz der starken Änderung im Auftreten aktiver Larven das Potential an infektiösfähigen Stadien über die ganze Versuchsperiode und in allen Tiefen annähernd gleich blieb.

Zwischen den Vorfrüchten Tomaten und Schnittsalat, die beide als gute Wirtspflanzen gelten, ließen sich sowohl bei der mikroskopischen Untersuchung als auch bei der Gallenauswertung gewisse Unterschiede feststellen. Aus den Tonnen mit Vorfrucht Tomate konnten mehr Larven isoliert werden als aus denen mit Schnittsalat. Die Gallenbildung in dem Boden mit Vorfrucht Tomate war hingegen weniger intensiv als bei Salat.

4.2. Das Schlüpfen von M. hapla unter Laboratoriumsbedingungen in Leitungswasser

Bei einem Freilandversuch gehen einige nicht faßbare Größen wie starker Temperaturwechsel, schlupfstimulierende Wurzelexsudate aus keimenden Samen, Einwirkung von Bodenmikroorganismen u. a. mit in die Ergebnisse ein. Um diese Außeneinflüsse auszuschalten, sollte das Schlüpfen von Meloidogyne-Larven aus Gallen bzw. Eiern über einen längeren Zeitraum hinweg unter kontrollierbaren Bedingungen untersucht werden.

4.2.1. Versuchsanlage und Auswertung

Für die Durchführung des Versuches wurde die von WYSS (1968) beschriebene Belüftungsanlage verwendet. Jeweils 50 M.-hapla-Gallen wurden auf Sarangewebe gegeben und damit in Glastulpen eingebracht. Anschließend wurden die

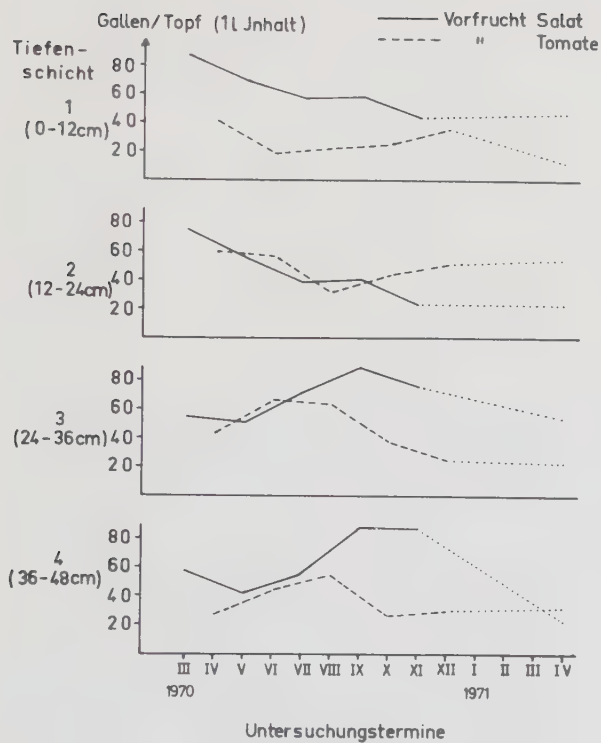


Abb. 14: Entwicklung der *M. hapla*-Population in pflanzen-
freiem Boden (Nachweis mit Wirtspflanzentest)

Tulpen, es waren 8 mit Salatgallen und 6 mit Tomatengallen, mit 20 ml Leitungswasser gefüllt und in eine Halterung gestellt. Die Luft, die das Wasser durchperlte, wurde von einer Aquariumpumpe geliefert. Die Belüftungsanlage stand in einem verdunkelten Kellerraum, in dem eine ausgeglichene Temperatur herrschte. Kurzfristige Temperaturschwankungen traten nicht auf, wohl aber langfristige, die den Jahreszeiten entsprachen. Die Maximalwerte lagen während der 2jährigen Versuchszeit bei 18°C, die Minimalwerte bei 9°C.

Im Abstand von 3 Tagen wurden je 10 ml des mit Nematoden angereicherten Wassers abgezapft. Um ein Absinken der durch die Wasserströmung in den belüfteten Tulpen in Schwebelage gehaltenen Nematoden zu ermöglichen, wurde eine Stunde vor dem Abzapfen die Pumpe ausgeschaltet. In den Glastulpen wurde nach der Entnahme der Wassergehalt mit abgestandenem Leitungswasser gleicher Temperatur wieder ergänzt. Im weiteren Verlauf wurden die Proben wie üblich ausgezählt, wobei neben Meloidogyne-Larven auch Meloidogyne-Männchen und zusammengefaßt, alle übrigen Nematoden berücksichtigt wurden. Der Versuchszeitraum sollte möglichst lange gewählt werden, um Anhaltspunkte für die Überdauerungsfähigkeit der untersuchten Art unter günstigen Bedingungen zu bekommen.

4 Wochen nach Versuchsbeginn wurden als Kontrolle für eventuell wirksame Umweltänderungen 4 weitere Tulpen mit Salatgallen neben den anderen Tulpen aufgestellt. Der Verlauf der beiden Kurven für die Auswanderung läßt dann, je nachdem ob es zu einer Parallelität oder einer Phasenverschiebung kommt, erkennen, ob das Freisetzen von M.-Larven mehr auf äußere Einflüsse, oder auf endogen bedingte Faktoren zurückzuführen ist.

4.2.2. Ergebnisse

Wie Abb. 15 zeigt, kommt es zu einer unerwartet lang andauernden Auswanderung von Meloidogyne-Larven, die durch starke Schwankungen gekennzeichnet ist. Eine Periode intensiver Auswanderung nach Versuchsbeginn, d. h. nach Ansetzen der voll entwickelten Gallen in der Belüftungsanlage wurde hier, wie auch in einigen Vorversuchen, beobachtet. Die Hauptgipfel der Kurve liegen im Juni, im August und im September/Okttober. In abgeschwächter Form lassen sie sich, abgesehen von dem ersten Gipfel im Juni, auch bei der zeitlich verschoben angesetzten Variante finden. In den Wintermonaten kommt es zu keiner nennenswerten Auswanderung. Zwischen Salat- und Tomatengallen zeigen sich nur geringe Unterschiede. In Abb. 15 wurde deshalb auf die Darstellung der Larvenauswanderung aus Tomatengallen verzichtet.

Die Auswanderung der Meloidogyne-Männchen erstreckt sich über die ersten 2 Monate, danach tauchten nur noch ab und zu Einzeltiere auf. Auch bei den "Übrigen Nematoden" ließ sich in der ersten Zeit die größte Anzahl Tiere nachweisen, Einzeltiere konnten bis zum Versuchsende gefunden werden. In dieser Gruppe tauchten bei den Salatgallen auch Vertreter der Gattung Pratylenchus auf, mit einem Anteil von etwa 20 % zu Versuchsbeginn. Mit dem allgemeinen Absinken der Werte Anfang April sank auch ihre Zahl. Ganz vereinzelt wurden jedoch kleine Larven, bei denen es sich der Größe nach um die L_1 bzw. L_2 handeln mußte, bis zum Versuchsende gefunden.

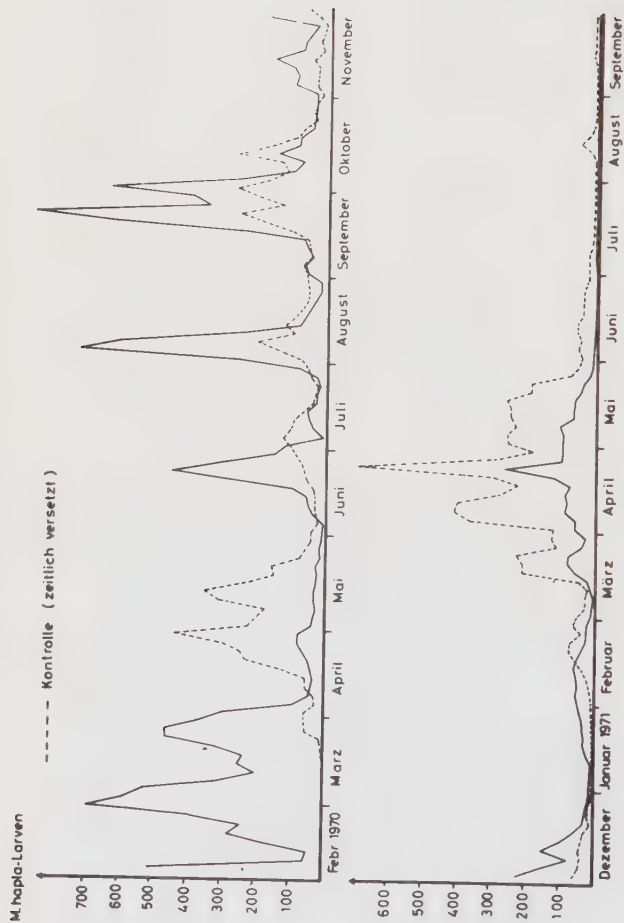


Abb. 15: Auswanderung von M. hapla-Larven aus Gallen in „unmittelbarer“ Nähe

5. DISCUSSION

5.1. Der Einfluß von Wirtspflanzen auf Nematoden

Vorfrüchte auf dem Versuchsfeld waren 1967 Futterrüben und 1968 Hafer. In den beiden Jahren des Versuchs wurden Möhren angebaut. Ihr Einfluß auf die "Übrigen Gattungen", die sich zu über 90 % aus nichtpflanzenparasitären Nematoden zusammensetzten und wegen ihrer hohen Zahl ein gewisses Maß für das Bodenleben darstellen, ist, summarisch gesehen, gering. Einer leichten Zunahme in den oberen 25 cm steht eine geringe Abnahme in dem Raum zwischen 35 und 100 cm Tiefe gegenüber.

Für die auf der Versuchsfläche vorkommenden Arten der Gattung Trichodorus liegen von vorhergehenden Versuchen von RICHTER (1967) schon Ergebnisse über die Populationsentwicklung nach Möhrenanbau vor. Die dabei gemachten Erfahrungen einer starken Verminderung der Trichodorus-Population nach mehrjährigem Möhrenanbau konnte durch die eigenen Versuche bestätigt werden. Die an organischem Material reiche mittlere Schicht fällt dabei etwas aus der Reihe.

Auch für die Arten der Gattung Pratylenchus fand RICHTER, daß Möhren als schlechte Wirtspflanzen anzusehen sind. Das konnte allerdings bei dem vorliegenden Versuch nicht generell, wohl aber für die Tiefe ab 50 cm bestätigt werden. Ein niedriger Pratylenchus- bzw. Meloidogyne-Besatz im Boden läßt während der Vegetationszeit noch keine Schlußfolgerungen über eine Förderung bzw. Hemmung dieser Gattungen durch eine bestimmte Fruchtart zu, da es möglich ist, daß sich während der Vegetationsperiode die meisten Nematoden in den Wurzeln befinden und demzufolge im Boden nicht nachzuweisen sind.

Die Abnahme der Nematoden, besonders aber der Vertreter der Gattungen Trichodorus und Pratylenchus in größerer Bodentiefe im zweiten Jahr des Versuchs läßt sich viel-

leicht auch mit der Änderung der Kulturmethode oder der mangelhaften Durchwurzelung dieser tieferen Bodenschichten im Jahre 1970 erklären. ZUCKERMAN et al. (1964) weisen darauf hin, daß Änderungen der Kulturbedingungen die Vertikalverteilung von Nematoden stark beeinflussen können. Auch auf dem Versuchsfeld wurden die Kulturbedingungen für die Erfordernisse des Versuchs abgeändert. Das Tiefpflügen wurde ersetzt durch ein oberflächliches Fräßen. Unter Berücksichtigung des lockeren Sandbodens dürfte die damit verbundene schlechtere Durchlüftung des Bodens nicht von praktischer Bedeutung sein.

Wie schon weiter vorn ausgeführt, erfolgte im 2. Versuchsjahr aus verschiedenen Gründen die endgültige Saat erst im Mai 1970. Berücksichtigt man noch das starke Unkrautwachstum, so erscheint es erklärlich, daß die Möhren sich in diesem Jahr nicht voll entfalten konnten, was sich auch in den Ergebnissen deutlich ausdrückt. Die unteren Bodenschichten wurden dann nur noch unzureichend durchwurzelt. Welche Bedeutung die Durchwurzelung des Bodens hat, darauf weisen schon OOSTENBRINK (1956) und OOSTENBRINK et al. (1957) bei ihren Untersuchungen an Pratylenchus spp. hin. Danach spielt für die Bodenverseuchung die Ausdehnung des Wurzelsystems eine so starke Rolle, daß selbst eine gute Wirtspflanze mit wenig entwickeltem Wurzelsystem zu einer Senkung der Nematodenpopulation führen und in ihrer Gesamtwirkung dann als schlechte Wirtspflanze erscheinen kann.

M. hapla hat ein breites Wirtspflanzenspektrum, das nach dem Stand von 1968 schon über 350 Arten aus den verschiedensten Familien umfaßte (DECKER 1969). Zu diesen Wirtspflanzen gehören neben mehreren Kulturpflanzen auch zahlreiche Unkräuter. Die wichtigsten Unkräuter der Versuchsfläche sind, geordnet nach der Häufigkeit ihres Auftretens:

Chenopodium album (Weißer Gänsefuß)
Spergula arvense (Ackerspörgel)
Stellaria media (Vogelmiere)
Lamium aplexicaule (Stengelumfassende Taubnessel)
Convolvulus arvense (Ackerwinde)
Capsella bursa pastoris (Hirtentäschelkraut)
Cirsium arvense (Ackerkratzdistel)

Davon sind alle mit Ausnahme von Convolvulus arvense Wirtspflanzen von M.-hapla. Inwieweit die genannten Pflanzen auch Wirte der hier untersuchten Trichodorus- und Pratylenchusarten sind, ist nicht bekannt.

Möhren sind eine gute Wirtspflanze für M.-hapla und es war deshalb bei zweijährigem Möhrenanbau ein Anstieg der Dichte dieser Art zu erwarten. Dieser Anstieg ist nicht eingetreten, obwohl die Möhren noch keine Schadsymptome zeigten und der Gallenbesatz noch nicht die Höhe erreicht hatte, bei der intraspezifische Konkurrenz populationsvermindernd wirksam werden kann. Wahrscheinlicher ist aber, daß dem Unkraut im Zusammenhang mit der späten Saat eine besondere Bedeutung zukommt, denn Meloidogyne-Larven haben im März und April eine Phase großer Aktivität (STEIN 1969).

Ist nun zu dieser Zeit das Feld noch nicht mit Kulturpflanzen, die gleichzeitig Wirtspflanzen sein müssen, in der nötigen Größe und Dichte bestellt, so werden die Larven andere ihnen zusagende Wurzeln aufsuchen. Da auf der Versuchsfläche keine chemische Unkrautbekämpfung betrieben wurde und die zahlenmäßig wichtigsten Unkräuter im Vorjahr teils zur Samenbildung kamen, standen sowohl 1969 als auch 1970 den Larven trotz häufiger mechanischer Unkrautbekämpfung genügend Unkräuter als Wirtspflanzen zur Verfügung. Die Larven, die in Unkrautwurzeln eingewandert waren, konnten sich wahrscheinlich nicht voll entwickeln, weil, je nach Bedarf, alle 2-4 Wochen das Unkraut durch Ausrupfen oder Hacken entfernt wurde. Das Er-

gebnis war vermutlich die beobachtete Dezimierung von Tieren der beiden endoparasitischen Gattungen Meloidogyne und Pratylenchus.

5.2. Der Einfluß der Nematizide auf Nematoden

Bei den beschriebenen Versuchen wurden Nematizide mit verschiedenen Wirkungsmechanismen angewendet, demzufolge war auch die Wirkung auf die Nematodenpopulation recht unterschiedlich.

Da die 3 verwendeten Mittel auch im praktischen Pflanzenschutz häufig eingesetzt werden, liegen zahlreiche Erfahrungen über ihre Wirkung unter verschiedenen Bedingungen vor. Es sei in diesem Zusammenhang auf die Literatursammlung in dem Heft "Anwendung von Nematiziden" von DECKER (1968) hingewiesen.

Nicht immer decken sich die Ergebnisse, die von verschiedenen Versuchsanstellern mit chemischen Mitteln gegen Nematoden erzielt wurden. Dafür gibt es viele Gründe, Erwähnt sei hier die Temperatur, an die meist bestimmte Anforderungen gestellt werden. Nach MARKUS et al. (1968) zitiert nach CASTRO und THOMASON (1971), nimmt die Fähigkeit von Apheleenchus avenae, eine Äthylendibromid-Anwendung zu überleben, mit steigender Temperatur ab, obwohl Äthylendibromid bei 5°C und bei 25°C fast gleich stark in den Nematodenkörper eindringt.

Weitere Unterschiede ergeben sich durch eine gewisse Selektivität der Mittel zwischen den verschiedenen Stadien einer Art, bzw. zwischen verschiedenen Arten.

Über die unterschiedliche Empfindlichkeit verschiedener Arten weisen EVANS und THOMASON (1969) mit Äthylendibromid-Versuchen an Tylenchulus semipenetrans und M. javanica, beide im 2. Larvenstadium, hin. Danach können nach einer Behandlung die Tiere der erstgenannten Art schon zu 95 %

abgestorben sein, während die der zweiten Art erst 4 % Abtötung erreicht haben.

Die unterschiedliche Empfindlichkeit der einzelnen Stadien einer Art ist bei Meloidogyne nicht so ausgeprägt, wie bei heterodera, aber immerhin vorhanden. Von DBCP (Handelsname Nemagon, Fumazone) weiß man, daß es zum Abtöten von M. javanica Eiern 200 mal so stark dosiert werden muß, wie zur Abtötung von L_2 -Formen der gleichen Art in der gleichen Zeit (MOJE und THOMASON, 1963). Im allgemeinen sind Larven empfindlicher gegen Nematizide als Adulte und werden schneller abgetötet. Noch empfindlicher sind Larven in der Häutung. Ergebnisse dafür liegen an Aphelenchus avenae vor, die verschiedenen Äthylendibromid-Konzentrationen ausgesetzt wurden (THOMASON et al., 1968; EVANS und THOMASON, 1969).

Nach CASTRO und THOMASON (1971) scheint ab einer bestimmten Mindestkonzentration eines Mittels die Einwirkungs-dauer auf die Nematoden eine große Rolle zu spielen.

Gelingt es mit Bodenentseuchungsmitteln die Schadorganismen völlig zu vernichten, was allerdings in den seltensten Fällen zu erreichen sein wird, so ist eine Wiederbesiedelung des Bodens unter normalen Bedingungen nur von dem das entseuchte Gebiet umgebenden Bereich her möglich. In der Praxis bedeutet das in erster Linie eine Besiedelung über die Bodenoberfläche, wobei hauptsächlich landwirtschaftliche Geräte als Überträger fungieren dürften. Aber auch Tiere, Oberflächenwasser und Wind können für den Transport von Nematoden verantwortlich gemacht werden. Die Nematoden können aber auch unterhalb der Bodenoberfläche Wege finden, um in das durch die Entseuchung geschaffene biologische Vakuum vorzudringen. Sie können durch Grundwasser oder Bodentiere verschleppt werden, können aber auch bei ihren ungerichteten Wanderungen zufällig in entseuchte Feldteile gelangen.

Will man beurteilen, ob eine Wiederbesiedelung ihren Ausgang von einzelnen die Entseuchungsmaßnahme überlebenden Individuen nimmt, oder ob von außen her eingedrungene Tiere dafür verantwortlich sind, so muß man die Wirkung der Mittel genau kennen. Sie läßt sich anhand der Entwicklung von Nematodenpopulationen in den verschiedenen Tiefen messen und wurde im Rahmen dieser Arbeit in zwei Freilandversuchen, einmal in gewachsenem und einmal in aufgeschüttetem Boden untersucht. Beide Versuche sollen hier gemeinsam besprochen werden.

Bei dem pflanzenverträglichen Granulat Temik, das als drittes Mittel eingesetzt wurde, sollte die langfristige Reaktion der Nematoden-Populationen beobachtet werden, sowohl hinsichtlich einer Dichteänderung, als auch hinsichtlich der vertikalen Verteilung.

Da sich die Reaktionen der einzelnen phytopathogenen Gattungen auf die Nematizid-Anwendung sehr ähneln, soll hier nicht mehr nach Nematoden-Gattungen, sondern nach Mitteln unterteilt werden.

5.2.1. Die Wirkung von Terabol

Das Bodenentseuchungsmittel Terabol hatte eine durchschlagende Wirkung. Noch 6 Wochen nach der Applikation dieses Methylbromid-Präparates wurden, von wenigen Ausnahmen abgesehen, keine Nematoden mehr in dem untersuchten Bereich bis 100 cm Tiefe gefunden. Trotz dieser nematiziden Wirkung lassen sich wenige Monate später im Boden wieder große Mengen Nematoden, unter denen sich allerdings keine phytophagen Arten befanden, nachweisen. Es ist deshalb die Frage berechtigt, ob nicht irgendwelche Stadien freilebender Nematoden die Begasung überstehen und für den Aufbau der neuen Population sorgen. Ganz auszuschließen ist diese Möglichkeit nicht, doch wird ihre Wahrscheinlichkeit aus folgenden Gründen als nicht sehr hoch erachtet:

- 1) Nach der Begasung tauchten in beiden Versuchen mit Abstand die meisten Nematoden in den oberen 12 cm des Bodens auf, obwohl gerade in diesem Bereich nach DROSIGN (1967) die Methylbromid-Wirkung am stärksten ist. Das läßt auf eine Wiederbesiedelung von außen her schließen.
- 2) Das fast völlige Fehlen von Nematoden 6-8 Wochen nach der Begasung deutet auf eine hohe Abtötungsrate hin. In dieser Zeit wären unter den günstigen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen Ruhezustände von eventuell überlebenden Tieren längst überwunden worden.
- 3) In dem Ausgangsboden des Modell-Versuches war die Gattung Paratylenchus stark vertreten mit mehreren tausend Tieren pro 100 ml Boden. Diese Gattung ist zu einem besonders schnellen Wiederaufbau einer großen Population nach einer Nematizidanwendung befähigt. So beobachtete GOFFART (1961), daß die Population von Paratylenchus sp. beim Anbau von Möhren 4-5 Monate nach der Bodenentseuchung innerhalb der gleichen Vegetationsperiode ihre Ausgangshöhe wieder erreichte, oder sogar überschritten hatte. Da auch in dem hier beschriebenen Versuch nach der Begasung Wirtspflanzen von Paratylenchus angebaut wurden, hätten sich bei der großen Vermehrungskapazität dieser Gattung nach 4 Monaten wenigstens einzelne Tiere finden lassen müssen.
- 4) Von der Bodenentseuchung bis Versuchsende wurden bei beiden Versuchen phytoparasitäre Arten praktisch nicht mehr gefunden. Vor allem sei dabei auf M. hapla hingewiesen, für dessen Nachweis mit dem Wirtspflanzen-test besonders günstige Bedingungen bestanden. Allein 0,48 m³ Erde wurden aber im Worfeldener Versuch zwischen Mai 1969 und Dezember 1970 über den Wirtspflanzen-test nach infektiösfähigen Stadien von M. hapla erfolglos untersucht.

- 5) Die Erscheinung einer raschen Besiedelung durch Saprobionten läßt sich auch in gedämpfter Erde beobachten, die mit Sicherheit nematodenfrei ist. Es bereitet sogar Schwierigkeiten, nematodenfreien Boden in Topfpflanzenversuchen über längere Zeit unter Gewächshausbedingungen nematodenfrei zu halten (RÜSSNER, mündliche Mitteilung).

Aus den genannten Gründen muß von einer annähernd vollständigen Entseuchung des behandelten Bodens ausgegangen werden.

Einiges spricht dafür, daß nach Terabol-Anwendung die Wiederbesiedelung des Bodens von der Oberfläche her ihren Ausgang nahm.

- 1) Es treten zuerst in den oberen Schichten die größere Anzahl von Nematoden auf. So wurden z. B. $\frac{2}{3}$ der nach der Begasung zwischen 0 und 100 cm gefundenen Nematoden aus Bodenproben der oberen 12 cm isoliert.
- 2) Phytoparasitäre Nematoden können sowohl im Grundwasser als auch im Drainagewasser vorkommen (SAUER, 1968). Der Grundwasserspiegel des Versuchsfeldes Worfelden liegt allerdings 3 m tief, so daß eine Einschleppung auf diesem Weg mit anschließender Wanderung nach oben in der kurzen Zeitspanne unwahrscheinlich ist. Außerdem liegt das Versuchsfeld in einer sehr ebenen Gegend weshalb mit einer starken Grundwasserströmung nicht gerechnet werden kann.
- 3) Bei dem Versuch mit aufgeschütteter Erde war die jede einzelne Bodensäule umgebende Plane unten falt-schachtelartig gefaltet. So konnte das überschüssige Wasser in tiefere Schichten ablaufen, den Nematoden war aber das Eindringen von unten praktisch verwehrt. Außerdem wurden die Bodensäulen zusammen mit ihrer Umgebung, dem gewachsenen Boden, entseucht. Der Grundwasserspiegel lag auch bei diesem Versuch bei über

3 m Tiefe. Auch hier kam es zu einer Besiedelung aller Schichten, die der in dem Worfeldener Versuch entspricht, ebenfalls mit der weitaus höchsten Nematodenzahl in der obersten Schicht. Dieses starke Dominieren der Nematoden in der Oberflächenschicht ist, wie die Kontrollparzellen zeigen, unter normalen Bedingungen nicht üblich. Es liegt deshalb der Schluß nahe, daß die entseuchten Flächen von oben nach unten besiedelt wurden.

Als Hauptüberträger der Nematoden dürften demnach Faktoren in Frage kommen, die an der Bodenoberfläche wirksam sind, wie Menschen mit Kulturgeräten, Tiere, Oberflächenwasser und der Wind, über dessen Funktion als Nematodenüberträger ORR and NEWTON (1971) kürzlich berichteten.

Die Besiedelung tieferer Schichten kann durch passiven Transport, oder ein aktives Wandern der Nematoden erreicht werden. Auf die Möglichkeiten eines passiven Transportes in tieferen Bodenschichten mit Bewässerungswasser weist DU CHARME (1955) zitiert nach WALLACE (1971) hin und auch WALLACE (1971) räumt der Bewegung des Bodenwassers gewisse Bedeutung für den Transport von Nematoden ein. Unter unseren Klimabedingungen dürfte diese Möglichkeit der Nematodenverlagerung nur von geringer Bedeutung sein.

Besser untersucht ist die Fähigkeit der Nematoden, sich aktiv fortzubewegen. Zu welchen Leistungen die Nematoden dabei in der Lage sind, zeigen die Versuche von STEIN (1967) mit M. hapla, BIRD (1969) mit M. incognita und von RÖSSNER (1970) mit Trichostrongylus spp. und Pratylenchus spp. Diese Leistung dürfte von einigen nichtparasitären Arten noch übertroffen werden. WALLACE und DONCASTER (1964) untersuchten die Aktivität von Nematodengattungen mit verschiedenen Lebensweisen und aus verschiedenen Habitaten. Danach sind freischwimmende Nematoden am aktivsten, gefolgt von den Blatt- und Stengelälchen, von

Tierparasiten, Saprophagen und an letzter Stelle von Wurzelparasiten. Am stärksten schwankt die Aktivität bei den einzelnen Gattungen der Saprobionten. Bei dieser Untersuchung ist allerdings zu berücksichtigen, daß von jeder Gruppe nur wenige Arten getestet wurden.

Die Besiedelung des sterilen Bodens durch Vertreter der "Übrigen Gattungen" steigt nun nicht nur bis zu den Werten der Kontrolle an, sondern es kommt häufig zu einer viel höheren Nematoden-Dichte. Diese auch bei Pflanzenparasiten häufig gemachte Beobachtung (GOFFART, 1961; DECKER, 1961) wird im allgemeinen darauf zurückgeführt, daß sich nach der Vernichtung alles tierischen und fast alles pflanzlichen Lebens erst wieder ein Gleichgewicht zwischen den einzelnen Organismen einstellen muß. Es kann dabei bei Anwesenheit geeigneter Wirtspflanzen zu einer Besiedelung des Bodens mit Tierarten kommen, die sich anfangs mangels Feinden und Antagonisten, bzw. antagonistisch wirkender Substanzen ungehindert vermehren können. Voraussetzung ist dabei neben einer hohen Vermehrungskapazität eine gewisse Mobilität. Diese Erstbesiedler werden um so mehr zurückgedrängt, je stärker ihre Gegenspieler den Boden durchdringen.

Die Wiederherstellung des Normalzustandes konnte bis Ende des Wurfeldener Versuches nicht erreicht werden, was sich schon rein quantitativ ausdrückt. Auch zum letzten Probenahmetermin liegt in allen Tiefenstufen der Terabolparzellen die Anzahl der Nematoden über den Zahlen der Kontrollparzellen. Dazu kommt, daß noch 1 1/2 Jahre nach der Applikation der Mittel mit großer Wahrscheinlichkeit die Artenzusammensetzung der "Übrigen Gattungen" in der Terabol-Variante eine andere ist als in der Kontrolle.

Im ersten Jahr nach der Begasung waren keine pflanzenparasitären Nematoden nachzuweisen und erst gegen Versuchs-

ende wurden in der 2., 3. und 5. Tiefenstufe einige Vertreter der Gattung Pratylenchus gefunden (Tab. 3). Bei den wenigen Individuen, es waren insgesamt 6, läßt sich kein Trend der Einwanderungsrichtung feststellen. Es ist jedoch nach der langen Zeit von 17 Monaten nicht auszuschließen, daß Pratylenchus sp. dank seiner Wanderfähigkeit aus benachbarten Parzellen oder den angrenzenden Nachbarmfeldern zugewandert sind. Tiere der Gattung Trichodorus und Meloidiogyne konnten nicht mehr gefunden werden, obwohl auch sie sehr mobil sind.

5.2.2. Die Wirkung von Di-Trapex

Von Terabol unterscheidet sich Di-Trapex wesentlich in der aktiven Wirkungsdauer des Mittels. Terabol wirkt schnell, eine Wiederanbaufrist ist, von Ausnahmen abgesehen, nicht erforderlich. Di-Trapex wirkt langsam. Seine Wirkung kann sich über Monate erstrecken, wie es auch der Worfeldener Versuch gezeigt hat (Abb. 3, Tab. 3).

Auffallend ist bei der ersten Probenahme nach der Anwendung die scharfe Trennungslinie in der Wirkung zwischen 0-36 cm und 36-100 cm. Die Hauptmenge des Mittels wandert relativ langsam in tiefere Schichten ab und verfügt dort offenbar noch über eine gewisse Wirkung. Während die Nematodenzahlen der Terabol-Variante, es handelt sich hierbei um die Gruppe der "Übrigen Gattungen", steil ansteigen und im Herbst 1969 schon alle Zahlen der Kontrolle übersteigen, übertrafen die Zahlen der Di-Trapex Parzellen jene der Kontrolle erst zwischen April und September 1970. Diese Verzögerung der Di-Trapex-Wirkung setzt sich bis zum Versuchsende fort. Bis dahin haben sich die Nematodenzahlen der Terabolvariante schon stärker an die Kontrolle angeglichen, als jene der Di-Trapex-Variante (Abb. 3).

Bei Terabol kommt es in allen Bodenschichten bis zu 50 cm Tiefe im Juni 1970 zu einem besonders hohen Stand der Nema-

todendichte. Anders verhält es sich bei Di-Trapex, wo der Gipfel vom April 1970 in der obersten Schicht über den Juni 1970 in dem Bereich zwischen 24 - 36 cm wandert, bis er in den unteren Schichten im September 1970 angekommen ist. In der obersten Stufe herrschen danach am ehesten günstige Bedingungen, was sich in der Anzahl isolierter Nematoden ausdrückt. Diese für die Nematoden günstigen Verhältnisse treten, parallel zum Abbau des Mittels, in tieferen Schichten später auf.

Stärker als in dem Worfeldener Versuch kommt die schwächere Tiefenwirkung von Di-Trapex in dem Versuch mit aufgeschüttetem Boden zur Wirkung. Bis 36 cm ist die Entseuchung vollständig, in dem darunterliegenden Bereich werden die Tiere nur dezimiert. Daß der überlebende Bestand großen Anteil an der Wiederbesiedelung der höheren Schichten hat, kann hier bei den "Übrigen Gattungen", bes. im Vergleich zu der Terabol-Variante, festgestellt werden. Bis zur Tiefe von 36 cm führen sowohl Terabol als auch Di-Trapex zu einer vollständigen Beseitigung der Nematoden. Terabol erreichte diesen Erfolg wesentlich schneller. Trotzdem ließen sich in den oberen 36 cm des damit entseuchten Bodens bis zur 2. Probenahme erst 1/10 der Nematoden der Di-Trapex-Variante nachweisen. Der Grund dafür dürfte im Fehlen von überlebenden Nematoden in den tieferen Schichten des mit Terabol behandelten Bodens liegen.

Diese Beobachtung, daß die in den tieferen Bodenschichten überlebenden Nematoden für den Aufbau einer Population in höheren Schichten sorgen, läßt sich auch bei den pflanzenparasitären Nematoden, diesmal in dem Worfeldener Versuch, machen. Wenn hier auch nur geringe absolute Zahlen zugrunde gelegt werden können, so zeigt Abb. 6 doch eine Tendenz, die für eine Besiedelung von unten nach oben spricht. Begünstigend für die Wanderungen dürfte sich dabei die zunehmende Bodenfeuchtigkeit zwischen September

und Dezember 1970 ausgewirkt haben. Verglichen mit den "übrigen Gattungen" erfolgt der Populationsaufbau bei den beiden hier untersuchten Gattungen sehr langsam. Die Ursache dafür dürfte in der sehr unterschiedlichen Biologie der einzelnen Nematoden-Arten, sowie in den nicht für alle Arten gleichgünstigen Kulturen bzw. Kulturmaßnahmen zu suchen sein.

Wie schon Terabol, so führt auch Di-Trapex zu einer völligen Beseitigung von M. hapla, es konnten keine Larven mehr, und im Wirtspflanzen test auch keine Gallen mehr gefunden werden. Der Grund dafür könnte in der Vertikal-Verteilung dieser Nematoden-Art auf dem Versuchsfeld liegen. Anhand der Kontrolle läßt sich gut zeigen, daß sich diese Art überwiegend in geringen Tiefen aufhält, in einem Bereich also, in dem auch die nematizide Wirkung chemischer Mittel am intensivsten ist. Daß auch der Abbau der M. hapla-Population nach Di-Trapex-Anwendung stufenweise verläuft, spiegelt sich beim Auszählen der Meloidogyne-Larven nicht wieder, wohl aber in dem viel genaueren Wirtspflanzen test.

Wie schnell entseuchte Bodenschichten durch M. hapla wieder erschlossen werden können, manifestiert sich in den Bodensäulen des Kontrollversuches. Schon früher wurde beschrieben, daß die volle Entseuchungswirkung von Di-Trapex in diesem Boden auf die oberen 36 cm Bodentiefe beschränkt war. Begünstigt wurde die Wanderung der Nematoden durch künstliches Feuchthalten des Bodens.

5.2.3. Die Wirkung von Temik

Temik, das man im Pflanzenbestand anwenden kann, ist mit den beiden vorher besprochenen Bodenentseuchungsmitteln in seiner Wirkungsweise nicht vergleichbar. Daß es kein rein systemisches Mittel ist, darauf hat LERN (1969 a, b) schon hingewiesen und das geht auch aus den vorliegenden Versuchen hervor.

In den als "Übrige Gattungen" bezeichneten Nematoden sind noch zwischen 5 und 10 % Pflanzenparasiten enthalten. Diese können wegen ihres geringen Anteils in keiner Weise für das starke Absinken der Nematoden-Population verantwortlich gemacht werden. Hier kann also ebenfalls eine echte Wirkung von Temik auch gegen nichtpflanzenparasitäre Nematoden festgestellt werden. Erst zwischen Juni und September 1970, ein Jahr also nach der Temik-Applikation, kommt es zu einer Annäherung der beiden Kurven (Abb. 3, Tab. 3), d. h. zahlenmäßig werden in Kontrolle und Temik-Parzelle etwa gleich viele Nematoden gefunden. Die absoluten Zahlen sagen aber nichts über die Artenzusammensetzung aus. Es kann also wegen verschiedener Ansprüche in den beiden Populationen unter anderen Umweltbedingungen wieder zu einem Auseinanderweichen der Kurven kommen.

Auffallend sind vor allem die Werte der 1. Probenahme nach der Mittelanwendung im Juni 1969 in den oberen drei Schichten (Abb. 3). Während es in den obersten 12 cm zu einem Absinken des Nematodenspiegels kommt, zeigt sich in der darauffolgenden Schicht schon ein leichter Anstieg der Nematodenzahl, der dann bes. in der 3. Schicht augenfällig wird und hier die Kontrolle weit übersteigt. Noch deutlicher kommt dieser Trend bei der Gattung Pratylenchus zum Ausdruck (Abb. 5). Dieselbe Tendenz läßt sich auch bei Trichostrongylus beobachten (Abb. 4), wenn auch in weniger ausgeprägter Weise und ist bei H. hapla wegen der geringen Larvenzahl im Frühjahr nicht direkt, wohl aber über den Wirtspflanzentest nachzuweisen (Abb. 8). Im Wirtspflanzentest zeigt sich nämlich, daß die Gallenbildung nach der ersten Temik-Anwendung in dem oberen Bereich zwischen 0 und 24 cm fast auf 0 zurückgeht, während sie zwischen 36 und 48 cm zunimmt und auch zwischen 48 und 60 cm über der Gallenbildung in der Kontrolle liegt.

Der Anstieg der Nematoden-Dichte in tieferen Schichten nach einer Temik-Anwendung scheint mit einem relativen Absinken des Bestandes in der obersten Bodenschicht verbunden zu sein. Es könnte deshalb eine Abwanderung der Nematoden als Ausweichreaktion vor dem Nematizid Temik vorliegen, zumal diese Dichteverlagerung gleichzeitig bei allen 4 getrennt berücksichtigten Nematodengruppen auftritt.

Bei Betrachtung der Verhältnisse in tiefen Bodenschichten läßt sich nicht übersehen, daß auch dort Temik noch eine Wirkung zeigt (Abb. 3, 4, 5, Tab. 3), und zwar kommt es auch dort, abgesehen von den Verhältnissen bei M. hapla, langfristig zu einem Absinken der Nematoden-Dichte. Die kurzfristige Nematoden-Anhäufung zwischen 60 und 80 cm, die im Juni 1969 einheitlich bei allen Nematodengruppen, die in dieser Tiefe noch vorkommen, auftritt, läßt sich vielleicht mit einer Abwanderung in Bodenschichten mit größerem Wassergehalt, er liegt hier bei 9 %, erklären. Zwar gibt es nur wenige Arbeiten (YUEN, 1966; ZUCKERMAN et al., 1964) aus denen eine Beziehung zwischen Feuchtigkeit im Bodenprofil und Verteilung, Wanderung oder Verlagerung von Nematodenpopulationen hervorgeht, aber im Zusammenhang mit der Wirkung von Temik wäre so eine Beziehung denkbar. Gleichzeitig könnte der erhöhte Wassergehalt zur Mittelverdünnung beitragen und damit die Überlebenschancen der Nematoden erhöht haben.

Zu einer anhaltenden Erhöhung der Nematoden-Dichte in tieferen Schichten der Temikparzellen kommt es nur bei M. hapla (Abb. 7, 8). Das ergibt sich sowohl bei der Auswertung über das BAERMANN-Trichterverfahren, als auch über den Wirtspflanzentest. Vielleicht ist diese Erscheinung, im Zusammenhang mit der Abwanderung in die Tiefe, auf das besonders starke Wachstum der Möhren in den Temik-Parzellen zurückzuführen. Diese Wachstumsbe-

günstigung schlägt sich in einem Ertrag, der den der Kontrolle um 100 % übertrifft, nieder. Die Möhren durchwurzelten bereits den Boden tief und ermöglichten damit M. hapla auch in den tieferen Schichten eine Entwicklung. Bei der flachen Bodenbearbeitung im Frühjahr 1970 mittels einer Fräse kam es zu keiner weiteren Nematodenverlagerung, so daß 1970 das stärkere Auftreten von M. hapla unterhalb von 36 cm auf die gute Erschließung größerer Bodentiefen durch die Wirtspflanzen zurückgeführt werden kann.

Auch bei dem Modellversuch mit einheitlich verseuchten Boden, ergibt sich 1 Monat nach der Remik-Anwendung im Wirtspflanzentest eine mit zunehmender Tiefe steigende Gallenzahl pro Topf:

3-62-90-147-135-161-193, im Vergleich zur Kontrolle:
85-95-129-117-140-117-88.

Die Wiederbesiedelungsfrage stellt sich bei diesem Nematizid nicht, da sich von allen untersuchten Arten in allen Tiefen trotz zweimaliger Anwendung der üblichen Aufwandmenge ein gewisser Bestand aller untersuchten Nematodengattungen erhalten hat, der die Grundlage für eine Erhöhung der Nematodendichte darstellt.

5.3. Zur Überwinterung von Meloidogyne hapla

Hauptaufgabe dieses Versuches war der Nachweis der Überwinterungsfähigkeit von Meloidogyne-Larven. Er wurde unter wirklichkeitsnahen Bedingungen erbracht und erlaubt die Aussage, daß bei normalen Anbauverhältnissen Larven, die im Herbst schlüpfen, überwintern können und dabei ihre Infektiosität nicht verlieren.

In jede Tonne war die gleiche Zahl Larven eingebracht worden. Trotzdem wurde nicht immer der gleiche Prozentsatz der ausgesetzten Tiere wiedergefunden, sondern es zeigte sich mit zunehmender Versuchsdauer eine stark steigende

tendenz der Zahlen isolierter Larven bis April (Abb. 9). Anders verhält es sich mit dem Wirtspflanzentest. Hier wurden bis März immer etwa gleich viele Gallen an den Tomatenwurzeln gezählt, von da ab kam es dann zu einem rapiden Abfall. Daraus geht hervor, daß besonders zu Beginn des Versuches nur ein Teil der vorhandenen Meloidogyne-Larven mit dem angewandten Isolierungsverfahren gewonnen werden konnten.

Die meisten Isolierungsmethoden für Nematoden setzen eine gewisse Aktivität der Tiere voraus, so auch die hier eingesetzte BAERMANN-Trichtermethode. Unter gewissen Umständen werden Nematoden aber inaktiv. Nach VAN GUNDY (1965 a) sind die wichtigsten Ursachen für die Induktion einer Inaktivität: Wasserentzug, Kälte, Sauerstoffmangel und ein hoher osmotischer Wert der Bodenlösung. Im Winter dürfte vor allem die Kälte für die herabgesetzte Aktivität, VAN GUNDY (1965 b) nennt sie Quieszenz, verantwortlich sein. Die biologische Bedeutung dieser Erscheinung liegt darin, daß Nematoden befähigt werden, in einer Umwelt zu leben, die für sie nicht ständig günstig ist. Ein vergleichsweise kurzer Lebenszyklus kann dabei auf längere Zeiträume ausgedehnt werden (VAN GUNDY 1965 b).

Wie schon erwähnt, steigt der Prozentsatz der isolierten Larven mit zunehmender Versuchsdauer an und das, obwohl die Temperatur erst im März über den Gefrierpunkt steigt. Vielleicht beschleunigt eine Kältewirkung von gewisser Dauer im Zusammenhang mit dem im Freiland ständig auftretenden Temperaturwechsel die Fähigkeit der Nematoden, unter günstigen Bedingungen schneller aktiv zu werden.

Neben dem Prozentsatz isolierter Larven nimmt mit zunehmender Versuchsdauer auch die Auswanderungsgeschwindigkeit auf den BAERMANN-Trichtern zu (Abb. 10). Die gleiche Tendenz ist auch bei der Summe aller übrigen Nematoden festzustellen.

Mitte April tritt die stärkste Auswanderung von Meloidogyne-Larven auf, trotzdem kommt es, wie der Wirtspflanzen-test zeigt, zu dieser Zeit schon zu einem Abfall der Infektionsfähigkeit, der sich im Mai fortsetzt und in der Gallenzahl ausdrückt. Bei diesem Abfall der Gallenzahl bei noch steigender Auswanderung auf den Trichtern spielt vielleicht die Versuchsmethode eine gewisse Rolle. Der Boden wurde vom Freiland ins Gewächshaus gebracht, dort in Blumentöpfe gefüllt, es wurden Tomaten eingesät und dann standen die Töpfe bei etwa 20°C bis zur Auszählung der Gallen. Bis nun die Samen keimten und die Larven aus den relativ großen 14 cm-Töpfen (1000 ml Inhalt) zu den sich langsam bildenden Tomatenwurzeln gelangten, verging einige Zeit. Diese Zeit war für einen Teil der jetzt schon in ihrer Aktivität geschwächten Larven unter den hohen Temperaturen vielleicht zu lange, so daß sich nur ein gewisser Prozentsatz der Larven entwickeln konnte. Daß die Larven zu diesem Zeitpunkt schon in ihrer Aktivität geschwächt waren, darauf deutet der Rückgang der Auswanderung beim nächsten Probenahmetermin hin.

Weiter fällt auf, daß, von den ersten 2 Werten abgesehen, während der ganzen Versuchszeit in der 2. Tiefenschicht wesentlich weniger Meloidogyne-Larven nachgewiesen wurden, trotzdem aber eine große Zahl Gallen gebildet wurde, die sich erst im April deutlich von der Gallenzahl der obersten Schicht abhob.

Die Reduktion der Gallenzahl in den Töpfen der obersten Bodenschicht durch intraspezifische Konkurrenz scheidet bei diesen niedrigen Gallenzahlen aus. Es gibt aber kleine Unterschiede zwischen den beiden oberen Schichten. Darauf soll kurz eingegangen werden.

Schon häufig wurde die Beobachtung gemacht, daß Populationen verschiedener Bodentiere ihre höchste Schwankungsbreite

in der obersten Bodenschicht haben. GRIFFIN und DARLING (1964) stellen diesen Sachverhalt an Xiphinema americanum eindrucksvoll dar. Bei solchen Versuchen dürften allerdings Fehler durch die Isolierungsmethode mit hineinspielen, denn Ruhestadien zur Überbrückung widriger Umstände treten in der obersten Schicht, die der Umwelt am stärksten ausgesetzt ist, wahrscheinlich am häufigsten auf. Oft werden aber diese Stadien der Inaktivität nicht so schnell aufgehoben, wie es die Isolierungsmethode verlangt. In dem Fall des hier beschriebenen Versuches könnte sich das besonders hinsichtlich der Temperatur ausgewirkt haben. Die obere Bodenschicht war in ihrer vollen Stärke über lange Zeit fest gefroren, außerdem wirkten sich dort Temperatur-Schwankungen stärker aus, diese beiden Faktoren tragen zur Unterscheidung der Lebensverhältnisse der ersten und zweiten Bodenschicht bei. Da es an genaueren Kenntnissen auf dem Gebiet der Aktivitätsbeeinflussung von Nematoden durch niedrige Temperaturen noch fehlt, können in diesem Zusammenhang keine genauen Aussagen gemacht werden.

5.4. Über das Schlüpfen von M. hapla in pflanzenfreiem Boden

Versuche über das Schlüpfen von Larven verschiedener Meloidogyne-Arten wurden wegen der besseren Kontrollierbarkeit der Umweltbedingungen überwiegend im Laboratorium durchgeführt. Dabei wurden viele Einzelergebnisse gewonnen, die allerdings mit den in der Natur gefundenen Verhältnissen oft nur unzureichend übereinstimmen. Da nun von STEIN (1969) schon einjährige Freilandversuche über das Larven-Gallen-Verhältnis von M. hapla in bepflanztem Boden vorlagen, bot sich die Gelegenheit, unter ähnlichen Bedingungen den Versuch in pflanzenfreiem Boden zu wiederholen.

Bei diesem Versuch sollte der Einfluß von Pflanzen auf die Nematoden ausgeschaltet werden. Da aber in gemischtem Boden ständig Samen in verschiedenen Tiefen zu keimen beginnen, was durch die unterschiedlich lange Keimruhe bedingt ist, die Keimlinge aber erst kurz vor Erreichen der Oberfläche durch routinemäßiges Hacken abgetötet bzw. geschwächt wurden, ist eine gewisse Beeinträchtigung der Nematoden nicht auszuschließen. Zwei Gründe lassen diesen Einfluß in seiner Bedeutung zurücktreten: zum ersten keimen Samen im Boden in der ganzen Vegetationsperiode, über diesen ganzen Zeitraum erstreckt sich dann auch die Wirkung von Ausscheidungen auf Nematoden, und zum zweiten sind die Ausscheidungen von Keimlingen wahrscheinlich quantitativ und qualitativ von geringer Bedeutung für die Nematoden. WINSLOW (1955) und WIDDOWSON (1958 a, b) weisen darauf hin, daß die aktivsten Wurzelexsudate während des intensivsten Wurzelwachstums, also 3 - 6 Wochen nach Beginn des Wurzelwachstums, erzeugt werden.

Betrachtet man die Entwicklung der gesamten Nematodenfauna in dem hier diskutierten Versuch, so stellt man bei den Pflanzenparasiten einen schnelleren Rückgang der Dichte fest, als bei den übrigen Gattungen (Abb. 12, 14), die hier zu über 90 % aus nichtpflanzenpathogenen Arten bestehen. Da in einem so humusreichen Boden auch ohne Pflanzendecke die mikrobiologischen Umsetzungen weiter vor sich gehen, ist verständlich, daß die Nematoden, die nicht auf lebende Pflanzen angewiesen sind, sich länger behaupten können oder länger aktiv bleiben können, als Pflanzenparasiten.

Charakterisiert ist der Kurvenverlauf bei M. hapla (Abb. 12) durch einen in allen Teilen auftretenden steilen Rückgang der Larvenzahlen auf fast Null im Juni 1970. Durch die steigende Temperatur im Frühjahr und die langsam abnehmende Feuchtigkeit und der damit verbundenen besseren Durch-

lüftung des Bodens wird der Stoffumsatz der Larven beschleunigt. Beim Ausbleiben von Ernährungsmöglichkeiten dürfte das dann mangels Energiereserven zum Absterben der Larven führen.

Obwohl die Tonnen bis April 1971 unkrautfrei gehalten wurden, kam es im April 1971 zu einem starken Auftreten aktiver Larven. Die gefundenen Larven dürften in ihrer Mehrzahl im Frühjahr geschlüpft sein. Ein Teil kann auch als L_2 überwintert haben. Der Überwinterungsversuch (3.4.) zeigt, daß solche Larven im Frühjahr schnell und zu hohen Prozentsätzen durch die Wattefilter der BAERMANN-Trichter wandern und deshalb zu den erhöhten Zahlen im April 1971 beigetragen haben könnten. Durch die zahlenmäßige Erfassung der Tiere der "Übrigen Gattungen", sowie der Gattungen Pratylenchus und Paratylenchus zeigt sich, daß es auch bei den Vertretern dieser Gattungen zu einem erheblichen Anstieg der Gesamtzahlen nach dem Winter kam. Eine Vermehrung zwischen Dezember 1970 und April 1971 ist aus Temperaturgründen auszuschließen. Bei der Gattung Paratylenchus läßt sich die Steigerung zum Frühjahr 1971 hin am sichersten auf die Überwindung einer Ruhepause zurückführen, denn den größten Teil der nach dem BAERMANN-Trichterverfahren ermittelten Gesamtpopulation stellen erwachsene Tiere. RHOADES und LINFORD (1959) fanden auch, daß bei der Gattung Paratylenchus gerade das letzte Larvenstadium am besten befähigt ist, ungünstige Bedingungen im Boden zu überdauern.

Trotz der starken Reduktion der Zahlen isolierbarer Larven unterliegt die Gesamtpopulation von M.-hapla, soweit sie sich über die Gallenbildung im Wirtspflanzentest messen läßt, nur geringen Schwankungen. Gerade für sedentäre Nematoden ist der Wirtspflanzentest, wie auch die vorliegenden Versuche zeigen, von größerer Aussagekraft, als die Zahl der nach irgendeiner Isolierungsmethode gewonnenen Larven.

Es soll nun der Einfluß der einzelnen Umweltfaktoren auf die Veränderung des Larven-Gallen-Verhältnisses bei M. hapla, wie es sich in dem vorliegenden Versuch ab Juni 1970 darbot, diskutiert werden.

Das Schlüpfen wird von verschiedenen Umweltfaktoren wie Temperatur, Bodenfeuchtigkeit, Bodendurchlüftung, pH-Wert sowie anorganischen und organischen Substanzen im Boden beeinflusst (SHEPHERD und CLARKE, 1971). Auch dem Pflanzenbewuchs des Bodens kommt diesbezüglich vielfältige Bedeutung zu.

Seit 50 Jahren weiß man, daß Wurzelexsudate das Schlüpfen von Nematodenlarven stimulieren können. Von der Wirksamkeit der Wurzeलाusscheidungen einer Pflanze auf das Schlüpfen kann man allerdings noch nicht auf den Wirtspflanzencharakter dieser Pflanzen schließen. Nach SHEPHERD (1962) können manche Wirtspflanzen unwirksame Wurzelexsudate erzeugen, während andererseits Nichtwirtspflanzen wirksame Exsudate ausscheiden können. Eineutige Ergebnisse bezüglich der Beschleunigung des Schlüpfens konnten bei einigen Arten der Gattung heterodera erzielt werden. Weniger eindeutig und teilweise widersprüchlich sind dagegen die Ergebnisse bei der Gattung Meloidogyne (LOEWENBERG et al., 1960; VIGLIERCHIO und LOWNSEBRY, 1960; JONES und NIRULA, 1963; HAMLEN und BLOOM, 1965 und 1968).

Für das Wirksamwerden von schlupfaktiven Stoffen müssen manchmal erst bestimmte Umweltbedingungen erfüllt sein. Diese quantitativ zu erfassen ist schwer und bedarf umfangreicher Versuchserbeit. Bei heterodera göttingiana wirken weder Wurzelexsudate noch die verschiedensten Variationen der Umweltbedingungen in vitro auf das Schlüpfen der Larven. Im Feld dagegen kommt es unter Brache und unter Nichtwirtspflanzen zu einem mäßigen, unter Wirtspflanzen aber zu einem starken Freisetzen von Larven (SHEPHERD, 1963).

Im Wirtspflanzen-test des hier diskutierten Versuches kommt es zu starkem Schlüpfen von Larven und anschließendem Befall der Wurzeln. Was kann seine Ursache in der Anwesenheit von Wirtspflanzen, oder (und) der anderer Umweltbedingungen im Vergleich zu denen der Freilandgefäße haben. Von den Umweltbedingungen seien vor allem die Temperatur und die Bodenfeuchtigkeit erwähnt. Die Bodentemperatur in den Töpfen war wahrscheinlich auch im Sommer höher, als in den Tonnen im Freiland. Durch das tägliche Gießen dürfte auch die Bodenfeuchtigkeit bei dem Wirtspflanzen-test größer gewesen sein.

Welche Bedeutung haben nun diese beiden Faktoren auf das Schlüpfen von Meloidogyne-Larven?

Nach SHEPHERD und CLARKE (1971) schlüpfen die meisten Nematoden über eine breite Temperaturspanne. Das Optimum für M. hapla würde nach WUEST und BLOOM (1965) bei 21°C und nach BIRD und WALLACE (1966) bei 25°C liegen, also im Sommer in dem Temperaturbereich, der auch im Freiland als normal anzusehen ist.

Ähnliche Verhältnisse herrschen bei der Feuchtigkeit. Der Feuchtigkeitsbedarf für ein optimales Schlüpfen ist von Bodenart zu Bodenart sehr verschieden (WALLACE, 1954, 1955, 1966 a, b, 1968). Günstige Bedingungen für das Schlüpfen herrschen in feuchtem Boden (Feldkapazität). Aber auch in wassergesättigtem und sehr trockenem Boden kommt es noch vereinzelt zum Schlüpfen von Larven (GUIRAN, 1971). Solche extremen Bedingungen bestanden aber in den Tonnen nicht, so daß die geringe Larvenzahl ab Juni 1970 ihre Ursache auch nicht in der Bodenfeuchtigkeit haben kann.

Neben diesen einzelnen Umweltfaktoren spielen auch ganz allgemein jahreszeitlich bedingte Einflüsse bei der Variation der Schlüpftrate eine Rolle. OOSTENBRINK (1967) und SHEPHERD und COX (1967) vermuten, daß es sich dabei in man-

chen Fällen um eine Kombination von einigen der erwähnten Umweltfaktoren handelt, oder daß diapauseähnliche Vorgänge mitspielen. Häufig wurde schon beobachtet, daß die Eier einiger heterogyna-Arten zu gewissen Jahreszeiten in vitro nicht schlüpfen, selbst wenn alle Umweltbedingungen optimal gehalten werden (ROSS, 1962; SHEPHERD, 1962; OOSTENBRINK, 1967; SHEPHERD und COX, 1967).

Auch bei der Gattung Meloidogyne gibt es erste Hinweise für diapauseähnliche Ruheperioden (D'HERDE 1971 a,b). Anhand von periodisch durchgeführten Bodenuntersuchungen wird gezeigt, daß Ende Juni in Belgien die erste Generation von M.-naasi mit der Eiablage beginnt. Trotz günstiger Außenbedingungen und Wirtspflanzenangebot schlüpfen aus diesen Eiern in dem laufenden Jahr keine Larven mehr, die Larven lassen sich erst im folgenden Jahr wieder nachweisen (D'HERDE, 1971 a).

Im Gegensatz zu den bei M.-naasi gemachten Beobachtungen ist die in dem vorliegenden Versuch fast auf Null reduzierte Freisetzung von M.-hapla-Larven ab Juni 1970 kaum auf diapause zurückzuführen. Eher scheint der Wirtspflanze eine bedeutende Rolle zuzukommen. Anders ist nicht zu erklären, daß SLEIN 1969 unter Wirtspflanzen auch im Sommer eine gewisse und im Herbst eine hohe Anzahl Larven fand. Auch das schnelle Ansprechen auf die Testpflanzen im Wirtspflanzentest, der zumindest im Sommer unter freilandähnlichen Temperaturen durchgeführt wurde, spricht gegen einen starken Einfluß diapauseähnlicher Vorgänge.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß sowohl Wirtspflanzen, als auch saisonale Einflüsse bei M.-hapla schlupfstimulierend wirken können.

5.5. Über das Schlüpfen von M. hapla in Leitungswasser

Bevor das Schlupfverhalten von M. hapla in Leitungswasser diskutiert werden kann, muß sichergestellt werden, daß die Kurvengipfel nicht das Resultat einer fortgesetzten Weitervermehrung frisch geschlüpfter Tiere in den Gallen darstellt. Während ein Teil der Larven auswandert und damit zahlenmäßig erfaßt werden kann, könnte der andere in dem Wurzel- und Gallengewebe bleiben und eine weitere Generation aufbauen. Dieser Vorgang könnte sich mehrfach wiederholen.

Untersuchungen mit der Gattung Pratylenchus deuten darauf hin, daß in der beschriebenen Belüftungsanlage eine Weiterentwicklung endoparasitischer Nematoden in zerkleinerten Wurzelteilchen möglich ist (WYSS, 1968; HOLST, 1970). Da diese Versuche unter anderen Fragestellungen begonnen wurden und deshalb nur wenige Wochen liefen, lassen sich über eine langfristige Weiterentwicklung bzw. eine Weitervermehrung von P. penetrans in Wurzelteilen, die in luftdurchperltem Wasser liegen, keine Aussagen machen, zumal P. penetrans eine Generationsdauer von 2 Monaten hat.

Daß eine fortgesetzte Vermehrung von M. hapla bei dem hier behandelten Larven-Schlüpfversuch zur Bildung der starken Kurvenschwankungen führte, ist aus folgenden Gründen wenig wahrscheinlich:

1. Nach den ersten 2 1/2 Monaten konnten keine Männchen mehr gefunden werden. Bei der Vermehrung der Nematoden tritt aber immer ein gewisser Prozentsatz Männchen auf, der unter den suboptimalen Lebensbedingungen in den Glastulpen eher erhöht sein dürfte.
2. In dem nach kurzer Zeit abgestorbenen und von Zerfall bedrohten Gewebe der Gallen ist eine Riesenzellenbildung nicht mehr möglich.

3. Die Zahl der bis Versuchsende (November 1971) ausgewanderten Larven, ungerechnet auf Larven pro Eisack, entspricht den in der Literatur genannten Nachkommenzahlen von M. hapla. Es ergeben sich daraus keine Andeutungen über eine zusätzliche Vermehrung.
4. Bei einer Gleichsetzung jedes Kurvengipfels mit einer Generation wäre die Generationsfolge zu eng. Es ergäben sich 5 Generationen pro Jahr, was selbst bei den gemäßigten Temperaturen des Belüftungskellers für M. hapla zu viel ist.
5. Die einzelnen Kurvengipfel sind deutlich voneinander getrennt. Bei der Weitervermehrung von M. hapla aus Eisäcken verschiedenen Alters müßte es zu ständigen Überschneidungen der Entwicklungszeiten und der Auswanderung der einzelnen Larven kommen. Das Ergebnis wäre ein von gewissen Schwankungen modifiziertes ständig etwa gleich hohes Auswanderungsniveau und damit eine ausgeglichene Kurve.

Aus den genannten Gründen soll in der Fortsetzung der Erörterung dieses Versuches davon ausgegangen werden, daß eine Weitervermehrung in den Gallen höchstens kurze Zeit nach Versuchsbeginn noch möglich war. Bei der langen Dauer dieses Versuches kann aber diese mögliche Periode vernachlässigt werden.

Wie schon früher angedeutet, können verschiedene exogene und endogene Faktoren das Schlüpfen von Nematodenlarven beeinflussen. Bei dem Laboratoriumsversuch mit Gallen in Leitungswasser wurden viele für das Verhalten von Nematoden im Freiland wichtige Faktoren ausgeschlossen. Man kann deshalb nicht eine Übereinstimmung dieser Ergebnisse mit denen des Freilandversuches erwarten.

Als Beispiel über die schlechte Vergleichbarkeit von In-

vitro-Versuchen und Feldversuchen sei das von SHEPHERD und CLARKE (1971) genannt. Heterodera rostochiensis kommt im Wasser auf eine Schlupfrate von etwa 2 %, der steht aber in der gleichen Zeit eine solche von 40 % im Boden ohne Wirtspflanzen gegenüber. Allein schon die Beschaffenheit des Wassers kann das Schlüpfen von Larven beeinflussen. ELLENBY und SMITH (1967) fanden, daß Bodenwasser im Vergleich zu Leitungswasser stimulierend auf das Schlüpfen wirken kann. Nach LOEWENBERG et al. (1960) reagiert M. incognita schon auf geringe Änderungen des pH-Werts mit steigenden oder fallenden Schlupfraten.

SHEPHERD und CLARKE (1971) sehen sogar einen Zusammenhang zwischen der Größe des Wirtspflanzenkreises und dem Larvenschlupf in Wasser bei verschiedenen Nematodenarten. Bei Heterodera rostochiensis mit seinem begrenzten Wirtspflanzenkreis liegt die Schlupfrate bei 2 %, während sie bei H. schachtii mit seinem weiten Wirtsspektrum in der gleichen Zeit bei 30 % liegt. Bei H. rostochiensis wäre das schwache Freisetzen von Larven bei Abwesenheit von Wirtspflanzen ein Schutzmechanismus, auf den relativ polyphage Arten wie H. schachtii nicht angewiesen sind. In dieses Schema ließe sich auch die Art M. hapla gut einordnen, der über 350 Pflanzenarten aus verschiedenen Familien als Wirtspflanzen dienen. Auch bei dieser Art schlüpfen viele Larven in Wasser, wenn auch in anderer Folge als bei der Gattung Heterodera.

Das Schlüpfen von Larven kann auch von schlüpfhemmenden Stoffen mitbestimmt werden. Es wurden bei Schlupfversuchen solche Stoffe mehrfach gefunden (SHEPHERD, 1962; KAUL, 1962; HAMLEN und BLOOM, 1968; LOEWENBERG et al., 1960), über ihre Wirkungsmechanismen ist erst wenig bekannt. Außer Frage dürfte stehen, daß in der Natur auch solche Stoffe von großer Bedeutung für das Schlupfverhalten der Nematoden sind.

In dem vorliegenden Versuch mit Gallen von I. hapla wurden die Umweltverhältnisse einigermaßen konstant gehalten. Als wichtigste exogene Faktoren, die das Schlüpfen beeinflusst haben könnten, sollen Licht, Luft, Temperatur und Wurzel diffusate kurz diskutiert werden.

Die Bedeutung des Lichtes dürfte gering sein, da der Keller verdunkelt war. Nach WALLACE (1963) gibt es keine Hinweise dafür, daß pflanzenparasitäre Nematoden auf Licht reagieren, was besonders für Wurzel nematoden auch verständlich ist.

Die Luft, die die Glastulpen durchperlte, wurde aus dem Belüftungsraum entnommen. Für eine periodische Änderung ihrer Zusammensetzung gab es keine Anhaltspunkte. In der Verteilung auf die einzelnen Glastulpen kam es manchmal zu Ungenauigkeiten. Sinn der Durchlüftung des Wassers, in dem sich die Gallen befinden, war seine Anreicherung mit Sauerstoff. Auf die Bedeutung des Sauerstoffs im Wasser für Isolierungsverfahren wurde von CHAPMAN (1957); VAN GUNDY (1965); SPRAU (1967); WYSS (1968); HIRLING (1971) und anderen hingewiesen. BAXTER und BLAKE (1969) untersuchten den Einfluß der Sauerstoffkonzentration auf das Schlüpfen von M. javanica. Sie variierten die O_2 -Konzentration zwischen 0,2 und 21 % und fanden mit steigender Sauerstoffzufuhr eine ansteigende Schlupfrate. Besonders wichtig ist ein gewisses Minimalangebot an Sauerstoff, es liegt bei etwa 0,2 %. Eine Verdoppelung der Auswanderung von Larven wurde erst bei einer 25-fach höheren O_2 -Konzentration erzielt. Auch eigene Versuche deuten darauf hin, daß die Schlupfrate durch zusätzliche Luftzufuhr nur unwesentlich beeinflusst wird.

Kleine Ungenauigkeiten in der Luftzufuhr dürften, wenn ein gewisses Minimum an O_2 -Konzentration vorhanden ist, nur zu einer minimalen Beeinflussung führen. Außerdem waren es immer nur vereinzelte der insgesamt 18 Gefäße,

bei denen die Luftzufuhr vorübergehend ungenau eingestellt war.

Wie schon erwähnt, kam es trotz der temperaturnähernden Kellerlage in dem Belüftungsraum zu saisonal bedingten Temperaturschwankungen. Es lassen sich jedoch keinerlei Beziehungen zwischen Temperatur und Larvenauswanderung ablesen. In diesem Zusammenhang sei nochmals auf die Arbeiten von SHEPHERD und CLARKE (1971) über die geringe Beeinflussbarkeit des Schlüpfens durch die Temperatur hingewiesen. Wie gegensätzlich verschiedene Meloidogyne-Arten auf wechselnde Temperaturen in ihrem Schlüpfverhalten reagieren, geht aus Versuchen von WATSON und LOWNSBERRY (1970) hervor. Die beiden Autoren weisen nach, daß alternierende Temperaturen auf M. naasi schlüpfstimulierend und auf M. hapla schlüpfhemmend wirken.

Wurzeldiffusate könnten zu Versuchsbeginn, als die Zellen der Gallen und der anhaftenden Wurzelstückchen noch lebten, eine gewisse Rolle gespielt haben. Da sich diese Substanzen aber schnell abbauten und die Pflanzenzellen auch nach wenigen Monaten abgestorben waren, können Wurzelexsudate aus den Gallen, wenn überhaupt, nur in den ersten Monaten wirksam gewesen sein. Räumt man das Vorhandensein und die Wirksamkeit von Wurzelexsudaten ein, so läßt sich das wellenförmige Auswandern von Larven nicht mit der unter den gegebenen Bedingungen sicherlich kontinuierlich verlaufenden Abgabe von Wurzelstoffen erklären.

Der Belüftungskeller wurde 1970 nur zum Abzapfen alle 3 Tage betreten. Es liefen dort in dieser Zeit keine anderen Versuche, so daß weitere menschliche Einflüsse auszuschalten sind. Erst ab März 1971 wurden weitere Versuche im Belüftungskeller durchgeführt, durch die eine Beeinflussung der Larvenauswanderung denkbar wäre.

Mit Sicherheit spielen endogene Faktoren eine Rolle beim

Zustandekommen der Auswanderungskurve. Es sind darunter entwicklungsphysiologische Einflüsse zu verstehen, die das Schlüpfen im Dienste der Arterhaltung regulieren.

Eine gewisse Beeinflussung der Larven-Auswanderung durch Umwelteinflüsse scheint, wie die Kontrolle zeigt, vorzuliegen. Unter Kontrolle werden hier die Tulpen verstanden, die 1 1/2 Monate nach dem Ansetzen der Versuchstulpen hinzugefügt wurden. Wird eine Schwankung in der Larvenauswanderung durch äußere Faktoren bedingt, so müßten sich nach einer bestimmten Anlaufzeit die Kurven Gipfel immer decken. Üben aber endogene Faktoren den Haupteinfluß aus, so müßte die zweite Kurve mit einer Phasenverschiebung von 1 1/2 Monaten parallel zur ersten verlaufen.

Insgesamt läßt sich eine zeitliche Angleichung der beiden Kurven ablesen. Diese ist allerdings nicht in dem Maß überzeugend, daß sie eine eindeutige Aussage zuläßt.

Für die unregelmäßige Gipfelbildung lassen sich keine direkt induzierenden Umweltfaktoren finden. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß nicht näher faßbare geringfügige Änderungen der Umgebung als Auslösefaktoren für eine längerfristige, sich über etwa einen Monat erstreckende Freisetzung von Meloidogyne-Larven verantwortlich sind. Das ließe auch die teilweise Übereinstimmung der Kontrollkurve mit den anderen beiden Kurven erklären. Für eine Mitwirkung entwicklungsphysiologischer Prozesse und gegen eine einfache Beziehung zwischen Umweltänderung und resultierender Reaktion der Nematoden spricht die Länge der einzelnen Auswanderungsperioden. Zur Klärung des Verhaltens von endoparasitischen Nematoden in Wasser sind weitere Versuche nötig.

6. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde zunächst die Entwicklung verschiedener Nematodenpopulationen nach Nematizidanwendung untersucht. Ferner sollte ein Modellversuch einen Beitrag zu der noch wenig bearbeiteten Frage der Überwinterung von Meloidogyne hapla liefern. Schließlich wurde versucht, den Einfluß verschiedener Faktoren auf das Schlüpfen von Meloidogyne hapla zu ermitteln.

1. Nematizidanwendung

Drei Nematizide (Terabol, Di-Trapex und Temik) wurden im Frühjahr 1969 auf einem Versuchsfeld mit Sandboden angewendet. Die Nematodenfauna zwischen 0 und 100 cm Tiefe wurde in regelmäßigen Abständen bis Ende 1970 untersucht. Berücksichtigt wurde die Art Meloidogyne hapla, die Gattungen Trichodorus und Pratylenchus; alle weiteren Nematoden wurden unter der Bezeichnung "Übrige Gattungen" zusammengefaßt.

Terabol führte zu einer fast vollständigen Abtötung aller Nematoden zwischen 0 und 100 cm Tiefe. Erste Pflanzenparasiten (Trichodorus spp.) konnten 1 1/2 Jahre nach der Mittelanwendung in Einzelexemplaren gefunden werden. Schon wenige Monate nach der Terabol-Applikation überstieg die Tierzahl der "Übrigen Gattungen" in der Terabol-Variante die in der Kontrolle wesentlich.

Durch die Bodenentseuchung mit Di-Trapex wurden alle Stadien von M. hapla abgetötet, einzelne Tiere der Gattungen Trichodorus und Pratylenchus konnten in den tieferen Bodenschichten die Bodenentseuchung überleben. Bei den "Übrigen Gattungen" stellte sich mit einer gewissen Verzögerung die nach der Terabol-Anwendung beobachtete Reaktion ein.

Mit Temik ließ sich nach zweimaliger Applikation bei allen

Nematoden mit Ausnahme von M. hapla eine langfristige Reduktion der Tierzahlen in allen Tiefenschichten zwischen 0 und 100 cm hervorrufen. Kurz nach der ersten Ausbringung des Temik-Granulates kam es zu vertikalen Verschiebungen der Nematodendichte, die zum Teil als Ausweichreaktion der Nematoden gedeutet werden können. Anhand der Larvenzahlen und des Wirtspflanzen-tests läßt sich bei M. hapla eine Anreicherung zwischen 48 und 60 cm aufzeigen.

2. Überwinterungsversuch

Mit M. hapla infizierter Boden wurde über den Winter im Freien aufbewahrt. In monatlichen Abständen wurden Proben genommen. Es läßt sich nachweisen, daß M. hapla unter mitteleuropäischen Klimabedingungen in Larvenform überwintern kann und infektiösfähig bleibt. Nach der BAERMANN-Trichtermethode läßt sich im Winter ein geringerer Prozentsatz der Larven isolieren als im Frühjahr. Die Larvenauswanderung auf den Trichtern erfolgt zudem im Winter langsamer als im Frühjahr.

3. Versuche zum Schlüpfen von M. hapla

In einem Freilandversuch wurde Boden, der mit M. hapla angereichert war, pflanzenfrei gehalten und allmonatlich die Zahl aktiver Larven sowie im Wirtspflanzen-test die Gallenzahl ermittelt. Es zeigte sich ab Mai ein rapider Abfall der Anzahl isolierbarer Larven auf fast Null in allen Bodentiefen. Während bis einschließlich Dezember 1970 nur vereinzelt Larven gefunden wurden, ergab eine weitere Probenahme im April des folgenden Jahres eine wesentlich größere Larvenzahl. Die Gallenbildung im Wirtspflanzen-test unterlag während der ganzen Versuchszeit nur geringen Schwankungen. Eine Beeinflussung des Schlüpfens von M. hapla durch ein Wirtspflanzenangebot und durch saisonale Bedingungen ist zu erkennen. Der starke Abfall aktiver Stadien ab Mai war bei Pratylenchus spp., Paratylenchus spp. und den "Übrigen Gattungen" nicht zu beobachten.

In einem Laboratoriumsversuch wurden Gallen von M. hapla unter ständiger Luftzufuhr 21 Monate lang in Wasser aufbewahrt. Alle 3 Tage wurden die geschlüpften Larven ausgezählt. Die Auswanderungsphase erstreckte sich über die ganze Zeit des Versuchs mit abnehmender Tendenz nach 9 Monaten. Sie war gekennzeichnet durch mehrere Auswanderungsmaxima, zwischen denen Zeiten besonders geringer Larvenfreisetzung lagen. Als Ursache für die ungleichmäßige Schlupfintensität werden geringfügige nicht näher faßbare Änderungen der Umwelt angesehen.

Literaturverzeichnis

- Baxter, R. I. and C. D. Blake (1969): Oxygen and the hatch of eggs and migration of larvae of Meloidogyne javanica. Ann. appl. Biol. 63: 191-203
- Bird, A. T. and H. R. Wallace (1966): The influence of temperature on Meloidogyne hapla and M. javanica. Nematologica 11: 581-589
- Bird, G. W. (1969): Depth of migration of Meloidogyne incognita associated with greenhouse tomato and cucumber roots. Can. J. Pl. Sci. 49: 90-92
- Castro, C. E. and I. J. Thomason (1971): Mode of action of nematicides. In "Plant Parasitic Nematodes"; Zuckerman, B. M., W. F. Mai and R. A. Rohde; Academic Press, New York and London, Vol. II: 289-296
- Chapman, R. A. (1957): The effects of aeration and temperature on the emergence of species of Pratylenchus from roots. P. Dis. Reptr. 41: 836-841
- Cichorius, H. D. (1960): Über das Auftreten freilebender Wurzelnematoden in rheinischen Böden unter besonderer Berücksichtigung der Standortverhältnisse. Nematologica 5: 231-252
- Croll, N. A. (1970): The behaviour of nematodes, their activity, senses and responses. Edward Arnold (Publishers) Ltd, London, 117 p
- Decker, H. (1961): Versuch zur Bekämpfung des wurzelparasitischen Nematoden Pratylenchus penetrans mit chemischen Mitteln. NachrBl. dt. Pfl. Schutzdienst, Berlin 15: 61-64
- Decker, H. (1968): Anwendung von Nematiziden. Fortschr. Ber. Lanaw., Berl. 6 (15-16): 79 p
- Decker, H. (1969): Phytonematologie. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin: 521 p

- Dern, R. (1961): Tagungsber. Arbeitsgemeinschaft. Pflanzenschutz u. Bodenkultur im Zuckerrübenbau. Heidelberg,
- Dern, R. (1969 a): Eindringungsgeschwindigkeit und Kontaktwirkung einiger nematizider Granulate im Boden. Mitt. biol. Bund. Anst. Ld.- und Forstw. H. 136: 8-14
- Dern, R. (1969 b): Erfahrungen mit granulierten Nematiziden. Gesunde Pfl. 21: 109-120
- D'Herde, C. J. (1971 a): Le cycle de développement de Meloidogyne naasi FRANKLIN sur céréales de printemps et d'hiver et sur betteraves. Vortrag: EPPO Conference on Meloidogyne, Antibes, Okt. 1971 (im Druck)
- D'Herde, C. J. (1971 b): Le mode d'hivernage de Meloidogyne naasi FRANKLIN dans le sol et la lutte par rotation des cultures. Vortrag: EPPO Conference on Meloidogyne, Antibes, Okt. 1971 (im Druck)
- Dickerson, O. J., H. M. Darling and G. P. Griffin (1964): Pathogenicity and population trends of Pratylenchus penetrans on potato and corn. Phytopathology 54: 316-322
- Drosihn, U. G. (1967): Untersuchungen über das physikalische u. chemische Verhalten von Methylbromid als Bodenentseuchungsmittel. Diss. Hamburg
- Ellenby, C. and L. Smith (1967): Soil leachings and the hatch of larvae of the potato-root eelworm. Heterodera rostochiensis WOLL. Ann.appl. Biol. 59: 283-288
- Evans, A. F. and J. Thomason (1969): Effect of 1-2, dibromoethane on biology of Aphelenchus avenae. J. Nematol. 1: 287 (Abstr.)
- Goffart, H. (1961): Über den Wiederaufbau von Nematodenpopulationen nach Anwendung chemischer Mittel im Gartenbau. Mitt. biol. Bund. Anst. Ld.- u. Forstw. H. 104: 165-172

- Griffin, G. D. and H. M. Darling (1964): An ecological study of Xiphiinema americanum COBB. in an ornamental spruce nursery. Nematologica 10: 471-479
- Guiran, G. (1971): L'éclosion des oeufs de Meloidogyne incognita (Nematoda-Heteroderidae) en fonction de l'humidité du sol. Methode d'étude et premiers résultats. Vortrag: EPPO Conference on Meloidogyne, Antibes, Okt. 1971
- Hahn, S. (1958): Wurzelgallenälchen (Meloidogyne hapla CHITW.) als Freilandschädlinge an Salat u. Möhren. NachrBl. dt. PflSchutzdienst, Braunsch. 10: 123-126
- Haines, R. G. (1968): Temik 10 G experimental systemic pesticide. Union Carbide, Technical information for testing purposes.
- Hamlen, R. A. and J. R. Bloom (1965): The hatching response of Meloidogyne incognita as affected by root exudates produced under different soil moisture stresses. Phytopathology 55: 128
- Hamlen, R. A. and J. R. Bloom (1968): The hatching response of Meloidogyne incognita eggs as affected by amino and nonamino acid fractions of root exudates. Phytopathology 58: 515-518
- Hirling, W. (1971): Die Wirkung von Wasserstoffsuperoxyd bei der Isolierung von Nematoden. Z. Pfl. Krankh. PflPath. PflSchutz 78: 335-348
- Holst, H. (1970): Untersuchungen zur Populationsdynamik wandernder Wurzelnematoden an Prunus-Unterlagen in schweren Böden. Diss. Gießen
- Jones, F.G.W. and K. K. Nirula (1963): Hatching tests and counts of primary galls in assessment of nematocides against Meloidogyne spp. Plant Pathol. 12: 148-154
- Kaul, R. (1962): Untersuchungen über einen aus Zysten des kartoffelnematoden (Heterodera rostochiensis WOLL) isolierten phenolischen Komplex. Nematologica 8: 288-292

- Kuron, H. (1955): Ein neues Dreieckdiagramm zur Kennzeichnung der Bodenarten. Ref. Tagg. Dtsch. Bodenk. Ges. Göttingen
- Loewenberg, J. R., T. Sullivan and M. L. Schuster (1960): The effect of pH and minerals on the hatching and survival of Meloidogyne incognita incognita larvae. Phytopathology 50: 215-217
- Mojê, W. and I. J. Thomason (1963): Toxicity of mixtures of 1,2 dibromo-3-chloropropane and 1,2-dibromoethane to the root-knot nematode Meloidogyne javanica. Phytopathology 53: 428-431
- Norton, D. G. (1959): Relationship of nematodes to small grains and native grasses in north and central Texas. Pl. Dis. Repr. 43: 227-235
- Oostenbrink, M. (1956): Over de invloed von verschidende gewassen op de vermeerdering van en de schade door Pratylenchus pratensis en Pratylenchus penetrans. Tijdschr. PLZiekt. 62: 189-203
- Oostenbrink, M. (1967): Studies on the emergence of encysted Heterodera larvae. Meded. rijksFac. Landbouwetensch. Gent 32: 503-539
- Oostenbrink, M., J.J. S'Jacob and K. Kuiper (1957): Over de waardplanten von Pratylenchus penetrans. Tijaschr. PLZiekt. 63: 345-360
- Orr, C. G. and O. H. Newton (1971): Distribution of nematodes by wind. Pl. Dis. Repr. 55: 61-63
- Rhoades, H. L. and H. B. Linford (1959): Molting of pre-adult nematodes of the genus Paratylenchus stimulated by root diffusates. Science 130: 1476-1477
- Richter, E. (1967): Untersuchungen über den Einfluß der Fruchtfolge auf die Populationsdichte freilebender Nematoden im Zusammenhang mit der Kringerigkeit-Pfropfenbildung der Kartoffel. Diss. Gießen

- Rößner, J. (1968): Wirkung eines pflanzenverträglichen Nematizids auf die Populationsentwicklung wandernder Wurzelnematoden in Forstpflanzgärten. Z. Pfl. Krankh. PflPatn. PflSchutz 75: 527-536
- Rößner, J. (1970): Ein Beitrag zur Vertikalbesiedelung des Bodens durch wandernde Wurzelnematoden. Nematologica 16: 556-562
- Rößner, J. (1971): Einfluß der Austrocknung des Bodens auf wandernde Wurzelnematoden. Nematologica 17: 127-144
- Ross, J. P. (1962): Seasonal Variation of larval emergence from cysts of the soybean cyst nematode, Heterodera glycines. Phytopathology 53: 608-609
- Sauer, M. R. (1968): Nematodes in an irrigated vineyard. Nematologica 14: 457-458
- Seinhorst, J. W. (1956): Quantitative extraction of nematodes from soil. Nematologica 1: 249-267
- Shepherd, A. M. (1962): The emergence of larvae from cysts in the genus Heterodera. Tech. Commun. No. 32, Commonw. Bur. of Helminthol. St. Albans, Herts., England
- Shepherd, A. M. (1963): The emergence of larvae of Heterodera goettingiana LIEBS. in vitro and a comparison between field populations of H. goettingiana and H. rostochiensis WOLL. Nematologica 9: 143-151
- Shepherd, A. M. and P. M. Cox (1967): Observations on periodicity of hatching of eggs of the potato cyst nematode, Heterodera rostochiensis WOLL. Ann. appl. Biol. 60: 143-150
- Shepherd, A. M. and A. J. Clarke (1971): Molting and hatching stimuli. In "Plant Parasitic Nematodes"; Zuckerman, B. M., W. F. Mai and A. A. Rohde, Academic Press, New York and London, Vol. II: 267-284

- Sprau, F. (1967): Untersuchungen über die Beeinflussung des Schlüpfens der Larven von Kartoffelnematoden. Proceedings of the IXth internat. Nematology Symposium. S. 173-182
- Stein, W. (1967): Untersuchungen zur Vertikalwanderung von Meloidogyne hapla. Mitt. biol. Bund. Anst. Ld.- u. Forstw. H. 121: 93-96
- Stein, W. (1969): Auftreten u. Vertikalverteilung infektionsfähiger Stadien von Meloidogyne hapla CHITWOOD im Jahresablauf. Z. Pfl. Krankh. PflPath. PflSchutz 76: 263-269
- Thomason, I. J., C. E. Castro and C. F. Marks (1968): Penetration and selectivity of nematocides. Abstr. Pap. 1 st. Congr. Plant Pathol., London p. 201
- Van Gundy, S. W. (1965 a): Factors in survival of nematodes. Ann. rev. Phytopath. 3: 43-68
- Van Gundy, S. D. (1965 b): Nematode behaviour. Nematologica 11: 19-32
- Viglierchio, D. R. and B. F. Lownsbey (1960): The hatching response of Meloidogyne species to the emanations from the roots of germinating tomatoes. Nematologica 5: 153-157
- Wallace, H. R. (1954): Hydrostatic pressure deficiency and the emergence of larvae from cysts of the beet eelworm. Nature (London) 173: 502-503
- Wallace, H. R. (1955): The influence of soil moisture on the emergence of larvae from cysts of the beet eelworm, Heterodera schachtii SCHMIDT. Ann. appl. Biol. 43: 477-484
- Wallace, H. R. (1963): The biology of plant parasitic nematodes. Edward Arnold (Publishers) Ltd. London, 280 p
- Wallace, H. R. (1966 a): Factors influencing the infectivity of plant parasitic nematodes. Proc. Roy. Soc. London, Ser. B., 164: 592-614

- Wallace, H. R. (1966 b): The influence of moisture stress on the development, hatch and survival of eggs of Meloidogyne javanica. Nematologica 12: 57-69
- Wallace, H. R. (1968): The influence of soil moisture on survival and hatch of Meloidogyne javanica. Nematologica 14: 231-242
- Wallace, H. R. (1971): Abiotic influences in the soil environment. In "Plant Parasitic Nematodes"; Zuckerman, B. M., W. F. Mai and A. A. Rohde, Academic Press, New York and London, Vol 1: 257-278
- Wallace, H. R. and G. C. Doncaster (1964): A comparative study of the movement of some microphagous, plant parasitic and animal parasitic nematodes. Parasitology 54: 313-326
- Watson, T. R. and B. F. Lownsberry (1970): Factors influencing the hatching of Meloidogyne naasi and a comparison with Meloidogyne hapla. Phytopathology 60, 457-460
- Widdowson, B. (1958 a): Potato root diffusate production. Nematologica 3: 6-14
- Widdowson, B. (1958 b): Observations on the collection and storage of potato root diffusate. Nematologica 3: 173-178
- Winslow, R. D. (1955): The hatching responses of some root eelworms of the genus Heterodera. Ann. appl. Biol. 43: 19-36
- Wuest, P. J. and J. R. Bloom (1965): Effect of temperature and age of egg population on the in vitro hatching of Meloidogyne hapla eggs. Phytopathology 55: 885-888
- Wyss, U. (1968): Zur Isolierung endoparasitischer Wurzel-nematoden. Z. Pfl. Krankh. PflPath. PflSchutz 75: 353-357

- Yuen, P. H. (1966): The nematode fauna of the regenerated woodland and grassland of broad balk wilderness. *Nematologica* 12: 195-214
- Zuckerman, B. M., S. Khera and A. R. pierce (1964): Population dynamics of nematodes in cranberry soils. *Phytopathology* 54: 654-659

Meinen verehrten Lehrern, Herrn Professor Dr. F. Großmann und Herrn Professor Dr. W. Stein danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und die wertvolle Unterstützung bei der Durchführung der Untersuchungen, sowie für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes.

Weiterhin gilt mein Dank allen Institutsangehörigen, die durch Rat und Tat die Durchführung dieser Arbeit förderten, insbesondere Herrn Dr. Rößner, Herrn Dr. Holst und Herrn Dr. Jakob.

Für kostenlos zur Verfügung gestellte Handelspräparate möchte ich mich bedanken bei Herrn Dr. Drosihn von der Firma Testa, Hamburg; Herrn Dr. Kleineidam von der Firma Schering, Berlin; und Herrn Dr. Uhl von der Firma Aglucon, Düsseldorf-Gerresheim.

Dem Land Hessen will ich hiermit für die gewährte finanzielle Unterstützung der Arbeit meinen Dank aussprechen.

Lebenslauf

Am 4. August 1939 wurde ich, Wolfram Zehrer, als Sohn des Silberschmiedemeisters Max Zehrer und dessen Ehefrau Sophie, geborene Rahm, in Würzburg geboren.

- | | |
|-------------|---|
| 1945 - 1946 | Besuch der Volksschule in Winterhausen (Ufr) |
| 1946 - 1951 | Besuch der Volksschule in Tittmoning (Obb.) |
| 1951 - 1953 | Besuch der Oberrealschule in Traunstein (Obb.) |
| 1953 - 1961 | Besuch der Oberrealschule in Pfarrkirchen (Ndby) |
| 1961 - 1962 | Landwirtschaftslehre in Gadheim (Ufr.) und Rottenbauer (Ufr.) mit Gehilfenprüfung 1963 |
| 1962 - 1966 | Studium der Landwirtschaft in München - Weihenstephan und Abschluß als Diplomlandwirt. |
| 1966 - 1967 | Studium am Seminar für Ausländische Landwirtschaft in Berlin |
| 1967 - 1968 | Einsatz in einem Pflanzenschutz-Projekt in Tunesien |
| 1969 - 1971 | Als Doktorand am Institut für Phytopathologie der Justus Liebig-Universität in Giessen mit der vorliegenden Dissertation beschäftigt. |

